

Universidad Nacional de Piura
Facultad de Ingeniería de Minas
Escuela Profesional de Ingeniería de Minas



TESIS

TESIS PRESENTADO PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE
INGENIERO DE MINAS
TITULADO

“OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE CARGUÍO Y ACARREO MEDIANTE EL
USO DE KPI’S EN LA FASE DE RELLENO DEL ESPALDÓN DE LA PRESA
DE RELAVES – ANTAMINA”

PRESENTADO POR:

BACHILLER: ITAMAR FERNANDO ROJAS ORTIZ

ASESOR: DR. ING. LUIS GERARDO SAAVEDRA FRIAS

APROVECHAMIENTO Y GESTION SOSTENIBLE DEL AMBIENTE
Y LOS RECURSOS NATURALES

PIURA – PERU

2019

“OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE CARGUÍO Y ACARREO MEDIANTE EL USO DE KPI'S EN LA FASE DE RELLENO DEL ESPALDÓN DE LA PRESA DE RELAVES – ANTAMINA”

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE PIURA
FACULTAD DE INGENIERIA DE MINAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA DE MINAS**



TESIS

**TESIS PRESENTADO PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE
INGENIERO DE MINAS**

**OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE CARGUÍO Y ACARREO MEDIANTE EL
USO DE KPI'S EN LA FASE DE RELLENO DEL ESPALDÓN DE LA PRESA
DE RELAVES – ANTAMINA – PERU, 2018.**

PRESENTADO POR:

BACHILLER: ITAMAR FERNANDO, ROJAS ORTIZ

ASESOR: DR. ING. LUIS GERARDO SAAVEDRA FRIAS

“OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE CARGUÍO Y ACARREO MEDIANTE EL USO DE KPI'S EN LA FASE DE RELLENO DEL ESPALDÓN DE LA PRESA DE RELAVES – ANTAMINA”

UNIVERSIDAD NACIONAL DE PIURA
FACULTAD DE INGENIERIA DE MINAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA DE MINAS



TESIS

TESIS PRESENTADO PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO DE MINAS

OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE CARGUÍO Y ACARREO MEDIANTE EL USO DE KPI'S EN LA FASE DE RELLENO DEL ESPALDÓN DE LA PRESA DE RELAVES – ANTAMINA – PERU, 2018.

APROBADA EN CONTENIDO Y ESTILO POR

PRESIDENTE:


DR. ING. WILSON G. SANCARRANCO CÓRDOVA

SECRETARIO:


DR. ING° JOSE RODRIGUEZ LICHTENHELDT

VOCAL:


ING° MARTIN ZETA FLORES. Msc.

"OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE CARGUÍO Y ACARREO MEDIANTE EL USO DE KPI'S EN LA FASE DE RELLENO DEL ESPALDÓN DE LA PRESA DE RELAVES – ANTAMINA"


DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD DE LA TESIS

Yo: **ITAMAR FERNANDO, ROJAS ORTIZ**, identificado con DNI N°. 077066575, Bachiller de Escuela Profesional de Ingeniería de Minas, Facultad de Ingeniería de Minas y domiciliado en Calle Lambayeque – la Unión, Departamento de Piura.

DECLARO BAJO JURAMENTO: que la tesis que presento es original e inédita, no siendo copia parcial ni total de una tesis desarrollada, y/o realizada en el Perú o en el Extranjero, en caso contrario de resultar falsa la información que proporciono, me sujeto a los alcances de lo establecido en el Art. N° 411, del código Penal concordante con el Art. 32° de la Ley N° 27444, y Ley del Procedimiento Administrativo General y las Normas Legales de Protección a los Derechos de Autor.

En fe de lo cual firmo la presente.

Piura, mayo del 2019.



ITAMAR FERNANDO, ROJAS ORTIZ
N° 077066575

Artículo 411.- El que, en un procedimiento administrativo, hace una falsa declaración en relación con hechos o circunstancias que le corresponde probar, violando la presunción de veracidad establecida por ley, será reprimido con pena privativa de libertad no menor de uno ni mayor de cuatro años.

Art. 4. Inciso 4.12 del Reglamento del Registro Nacional de Trabajos de Investigación para optar grados académicos y títulos profesionales –RENATI Resolución de Consejo Directivo N° 033-2016-SUNEDU/CD.



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE PIURA
FACULTAD DE INGENIERIA DE MINAS
DECANATO**

"AÑO DE LA LUCHA CONTRA LA CORRUPCIÓN Y LA IMPUNIDAD"

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Los Miembros del Jurado Calificador nombrados mediante Resolución N° 288-CF-2019, de fecha tres de abril de dos mil diecinueve, que suscriben, reunidos el día viernes tres de mayo de dos mil diecinueve, a horas 12:00 m., en el aula del PROMAINA - FIM, para la sustentación de la Tesis titulada "OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE CARGUÍO Y ACARREO MEDIANTE EL USO KPI'S EN LA FASE DE RELLENO DEL ESPALDON DE LA PRESA DE RELAVES – ANTAMINA – PERÚ, 2018", conducida por el señor Bachiller en Ingeniería de Minas ROJAS ORTIZ ITMAR FERNANDO, cuenta con el asesoramiento del Dr. Ing° Luis G. Saavedra Frías. Efectuadas las observaciones y dadas las respuestas, lo declaran:

DESAPROBADO	A P R O B A D O			
	Bueno	Muy Bueno	Sobresaliente	Excelente
	-----	-----	-----	-----X-----

En consecuencia, queda en condición de ser calificado APTO y solicitar al Consejo Universitario de la Universidad Nacional de Piura, le otorgue el TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO DE MINAS, de conformidad con lo estipulado en las normas legales vigentes de la Universidad Nacional de Piura.

Piura, 03 de mayo de 2019.

DR. ING° WILSON G. SANCARRANCO CÓRDOVA
Presidente del jurado calificador

DR. ING° JOSÉ R. RODRÍGUEZ LICHTENHELDT
Secretario del jurado calificador

ING° MARTÍN R. ZETA FLORES M.Sc.
Vocal del Jurado Calificador.

YMN.

INDICE

Titulo

Dedicatoria

Agradecimientos

Resumen

CAPÍTULO I: ASPECTOS GENERALES

1.1) Problemática

1.2) Formulación del Problema

1.2.1) Problema General

1.2.2) Problemas Específicos

1.3) Justificación

1.4) Objetivos

1.4.1) Objetivos General

1.4.2) Objetivos Específicos

1.5) Alcances

1.6) Matriz de Consistencia

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1) Bases Teóricas

2.2) Generalidades de la Investigación

- 2.2.1) Definición de una Presa de Relaves
- 2.2.2) Variables de Diseño de una Presa de Relaves
- 2.2.3) Métodos de Construcción de una Presa de Relaves
- 2.2.4) KPI y su Propósito
- 2.2.5) Clasificación de Indicadores
- 2.2.6) La Importancia de los KPI en los Procesos
- 2.2.7) Características de los KPI
- 2.3) Aspectos Generales
 - 2.3.1) Ubicación
 - 2.3.2) Accesibilidad
 - 2.3.2) Geología
 - 2.3.3) Reservas Mineras
- 2.4) Plan de Ejecución del Espaldón de la Presa de Relaves
 - 2.4.1) Planeamiento del Espaldón
 - 2.4.2) Dimensionamiento de la Flota
 - 2.4.3) Procesos Constructivos

CAPÍTULO III: ANÁLISIS DE LOS INDICADORES CLAVE DE RENDIMIENTO EN LOS PROCESOS DE CARGUÍO Y ACARREO EN LA FASE DE RELLENO DEL ESPALDÓN

3.1) Implementación de los KPI en los Procesos de Carguío y Acarreo

3.2) Proceso de Carguío

3.2.1) Análisis de los Kpi del Proceso de Carguío

3.3) Proceso de Acarreo

3.3.1) Análisis de los Kpi del Proceso de Acarreo

3.4) Análisis de los Costos del Carguío y Acarreo

3.4.1) Partida de Transporte de $3B < 1\text{km}$

3.4.2) Partida de Transporte de $3B > 1\text{km}$

CAPÍTULO IV: ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

4.1) Resultados del Carguío de Enrocado

4.2) Resultados del Transporte de enrocado $d < 1\text{ km}$

4.3) Resultados del Transporte de enrocado $d > 1\text{ km}$

CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1) Conclusiones

5.2) Recomendaciones

Referencias

Bibliografía

DEDICATORIA

DEDICO LA PRESENTE TESIS EN PRIMER LUGAR A DIOS POR DARME A UNOS PADRES MARAVILLOS COMO SON WALTER Y ELBA QUIENES SON EL MOTOR Y MOTIVO DE SALIR ADELANTE DIA A DIA, ES GRACIAS A ELLOS QUE SOY LO QUE SOY AHORA. A MIS HERMANOS SUSANNE, IVONNE Y RONNIE POR SU APOYO INCONDICIONAL Y SINCERO A LO LARGO DE MI VIDA; COMO SIEMPRE LO HEMOS DICHO HERMANOS “SIEMPRE, SIEMPRE JUNTOS”

A MIS TIOS MAURO Y NESTOR POR LOS CONSEJOS DE CADA DOMINGO EN CASA DE LOS ABUELOS, CREAME FUERON MUY VALIOSOS EN MI ETAPA UNIVERSITARIA E INCLUSO HOY EN MI ETAPA PROFESIONAL.

EN GENERAL TODO ESTO FUE GRACIAS A MI FAMILIA, ESTOY MUY AGRADECIDO CON CADA UNO DE USTEDES; MIL GRACIAS!

AGRADECIMIENTOS

AGRADECER A TODAS Y CADA UNAS DE LAS PERSONAS QUE DE ALGUNA U OTRA FORMA ME APOYARON EN ESTE TRABAJO DE INVESTIGACION (TESIS) PARA SACARLA ADELANTE. AL EQUIPO DE OFICINA TECNICA, CONTROL DE PROYECTOS Y COSTOS DE OBRAS CON HUARTE LAIN POR SUS ENSEÑANZAS, FUERON DE GRAN SOPORTE PARA LA CRISTALIZACION DE LA PRESENTE TESIS.

INDICE DE FIGURAS

Figura N° 01: Método de Construcción Aguas Arriba

Figura N° 02: Método de Construcción Aguas Abajo

Figura N° 03: Método de Construcción de Línea Central

Figura N° 04: Clasificación de Indicadores

Figura N° 05: Imagen de la Accesibilidad de Antamina

Figura N° 06: Imagen de las Fases del Espaldón de la Presa de Relaves

Figura N° 07: Desmontaje de Interferencias

Figura N°08: Retiro de Top Soil

Figura N°09: Comienzo de los Rellenos con 3B

Figura N°10: Relleno del 3B en Antigua Zona de Top Soil

Figura N°11: New Haul Road Fase 2

Figura N°12: New Haul Road Fase 3

Figura N°13: Rellenos en Dovelas de Seepage

Figura N°14: Rellenos sobre Dovelas

Figura N°15: Rellenos en Curva 03

Figura N°16: Voladura en Curva 03

Figura N°17: Construcción de Muro de Gaviones y Rellenos del 3B

Figura N°18: Rellenos del 3B

Figura N°19: Conexión entre el Relleno Ayash Fase 1 con la Curva 01

Figura N°20: Haul Road Fase 1

Figura N°21: Se termina el Desvío de Comunidades

Figura N°22: Carguío de Volquetes en Cantera Tucush

Figura N°23: Descarga de Camiones Gigantes en Cantera Tucush

Figura N°24: Descarga de Material 3B

Figura N°25: Empuje y Conformación de Material 3B

Figura N°26: Compactación de material 3B

Figura N°27: Regado de Plataforma del 3B

Figura N°28: Tiempos en Producción

Figura N°29: Disponibilidad Mecánica en Equipos de Carguío

Figura N°30: Consumo de Combustible

Figura N°31: Indicador Toneladas por Hora

Figura N°32: Indicador de Disponibilidad Mecánica

Figura N°33: Indicador de Consumo de Combustible (GAL/HR)

Figura N°34: Indicador de Toneladas por Hora (Tn/Hr)

Figura N°35: Indicador de Dólares por Tonelada (US\$/Tn)

Figura N°36: Indicador de Viajes por Hora (Viaje/Hr)

INDICE DE CUADROS

Cuadro N ° 01: Matriz Básica de Consistencia

Cuadro N° 02: Accesibilidad hacia Antamina

Cuadro N° 03: Reservas Probadas y Probables de Antamina

Cuadro N°04: Excavadoras del Proyecto

Cuadro N°05: Tractores del Proyecto

Cuadro N°06: Rodillos del Proyecto

Cuadro N°07: Volquetes del Proyecto

Cuadro N°08: Cisterna de Agua del Proyecto

Cuadro N°09: Equipos en Análisis

Cuadro N°10: Costo del Alquiler de los Equipos de Carguío

Cuadro N°11: Costo Unitario en Equipos de Carguío

Cuadro N°12: Equipos de Acarreo en Estudio

Cuadro N°13: Costo de los Equipos de Acarreo

RESUMEN

Hoy en día la industria minera se vuelve mucho más cambiante lo que conlleva a las empresas a implementar mecanismos que permitan controlar las actividades que realizamos con el fin de llevar un adecuado control de nuestros equipos en campo, costos y el cumplimiento de metas según la planificación del Proyecto.

Es así que esta tesis consiste en optimizar y llevar un adecuado control de los KPI’S (Indicadores Claves de Rendimiento) de los equipos del proyecto en mención, los cuales nos permiten ver en qué estado nos encontramos en la optimización de nuestros equipos en especial los de carguío y acarreo para así poder encontrar oportunidades de mejora que nos permitan llevar un mejor control en el proyecto en general.

Debido al crecimiento del volumen de los relaves en compañía minera Antamina esta se ve obligada a recrecer la presa con el fin de estructurar una barrera que permita la contención de los relaves producto de la explotación en el tajo, es así que Antamina da la buena pro a OBRASCON HUARTE LAIN (OHL) para la realización del proyecto “Construcción de la Elevación nivel 4115 al 4135 de la Presa de Relaves Fase VI – B”

PALABRAS CLAVES: KPI’S (Indicadores Claves de Rendimiento, Carguío de Enrocado, Transporte de Enrocado, Explotación en el Tajo.

SUMMARY

Nowadays, the mining industry becomes much more changing, which leads companies to implement mechanisms that allow us to control the activities we carry out in order to keep an adequate control of our equipment in the field, costs and the fulfillment of goals according to the planning. of the project. This is how this thesis consists of optimizing and carrying out an adequate control of the KPI'S (Key Performance Indicators) of the mentioned project teams, which allow us to see in what state we are in the optimization of our equipment, especially those of loading and hauling in order to find opportunities for improvement that allow us to take better control of the project in general. Due to the growth of the tailings volume in the Antamina mining company, this is forced to increase the dam in order to structure a barrier that allows the containment of the tailings product of the exploitation in the pit, this is how Antamina gives the good to OBRASCON HUARTE LAIN (OHL) for the realization of the project "Construction of Elevation level 4115 to 4135 of the Tailings Dam Phase VI - B"

KEYWORDS: KPI'S (Key Performance Indicators, Castling Loading, Castling Transport, Exploitation on the Tagus.

CAPITULO I

ASPECTOS DE LA PROBLEMÁTICA

1.1) PROBLEMÁTICA:(resumen de la parte superior)

Hoy en día la industria minera se vuelve mucho más cambiante lo que conlleva a las empresas a implementar mecanismos que permitan controlar las actividades que realizamos con el fin de llevar un adecuado control de nuestros equipos en campo, costos y el cumplimiento de metas según la planificación del Proyecto.

Es así que esta tesis consiste en optimizar y llevar un adecuado control de los KPI’S (Indicadores Claves de Rendimiento) de los equipos del proyecto en mención, los cuales nos permiten ver en qué estado nos encontramos en la optimización de nuestros equipos en especial los de carguío y acarreo para así poder encontrar oportunidades de mejora que nos permitan llevar un mejor control en el proyecto en general.

Debido al crecimiento del volumen de los relaves en compañía minera Antamina esta se ve obligada a recrecer la presa con el fin de estructurar una barrera que permita la contención de los relaves producto de la explotación en el tajo, es así que Antamina da la buena pro a OBRASCON HUARTE LAIN (OHL) para la realización del proyecto

“Construcción de la Elevación nivel 4115 al 4135 de la Presa de Relaves
Fase VI – B”

1.2) FORMULACION DEL PROBLEMA:

El principal problema que tenemos en el área de producción es el de optimizar nuestros equipos de carguío y acarreo ya que es ahí donde se pierde mucho dinero al no llevar un buen control de los equipos por lo tanto nace la pregunta **¿COMO OPTIMIZAR LOS PROCESOS DE CARGUÍO Y ACARREO MEDIANTE EL USO DE KPI’S EN LA FASE DE RELLENO DEL ESPALDÓN DE LA PRESA DE RELAVES – ANTAMINA?**

En base a esta pregunta trabajaré este proyecto de Investigación en el cual pondré en prácticas procedimientos que permitan optimizar nuestros equipos.

1.2.1) Problema General:

- Nosotros al no poder llevar un buen control de nuestros equipos, estos genera un balance negativo en la gestión de Costos de la Empresa, conllevando a que nuestro proyecto ya no sea rentable y por ende genere el malestar en nuestra Gerencia. **¿COMO OPTIMIZAR LOS PROCESOS DE CARGUÍO Y ACARREO MEDIANTE EL USO DE KPI’S EN LA FASE DE RELLENO DEL ESPALDÓN DE LA PRESA DE RELAVES – ANTAMINA?**

1.2.2) Problemas Específicos:

- ¿Cómo mejorar los procesos de Carguío y Acarreo en la fase de relleno del Espaldón?
- ¿Cómo reducir los tiempos Improductivos en el Proceso de Carguío y Acarreo en la fase de relleno del Espaldón?

1.3) JUSTIFICACIÓN:

Hoy en día las empresas buscan soluciones que permitan incrementar la productividad de nuestro proyecto es ahí la presente Tesis que trata de buscar mejoras en el control de los equipos de carguío y acarreo en base a KPI’S para aprovechar nuestra flota de equipos con el fin de rentabilizar al máximo el proyecto en mención.

Es así que mediante los kpi’s tanto del carguío como en el acarreo, estos me permitan analizar las desviaciones existentes en los procesos en mención y en base a esto me permitan Optimizar nuestros equipos para aumentar nuestra producción diaria y llevar una mejor gestión de costos del proyecto que es lo que toda gerencia busca; es por ello que nosotros como profesionales que somos en la industria minera debemos buscar alternativas en base a técnicas y criterios para generar resultados positivos en todos los niveles de la organización de la empresa.

1.4) OBJETIVOS:

1.4.1) Objetivo General:

- Controlar los procesos de Carguío y Acarreo mediante Indicadores Clave de Desempeño (KPI) en la Fase de Relleno del Espaldón.

1.4.2) Objetivos Específicos:

- Implementar KPI que permitan mejorar nuestros procesos de Carguío y Acarreo en la fase de relleno del Espaldón.
- Mejorar la eficiencia del Ciclo de Carguío y Acarreo en la Fase de Relleno del Espaldón.

1.5) ALCANCES:

La realización de este trabajo de investigación tiene como alcance los siguientes aspectos:

- Compañía Minera Antamina – Espaldón y Cantera Tucush
- Los equipos de estudio son los Equipos de Carguío y los de Acarreo.
- El tiempo de estudio fue de aproximadamente 6 meses.
- La toma de información se realizó tanto en campo como en Gabinete a través de una base de datos en Excel y los partes diarios provenientes de los frentes de trabajo.

Cuadro N ° 01: Matriz Básica de Consistencia

MATRIZ BÁSICA DE CONSISTENCIA			
TITULO DE LA TESIS	PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPOTESIS
Optimización del Proceso de Carguío y Acarreo Mediante el Uso de KPI'S en la Fase de Relleno del Espaldón de la Presa de Relaves – Antamina	<p>PROBLEMA GENERAL:</p> <p>¿Cómo optimizar los Procesos de Carguío y Acarreo en la fase de relleno del Espaldón de la Presa de Relaves de Antamina?</p> <p>PROBLEMA ESPECIFICOS:</p> <ul style="list-style-type: none"> ¿Cómo mejorar los procesos de Carguío y Acarreo en la fase de relleno del Espaldón? ¿Cómo reducir los tiempos Improductivos en el Proceso de Carguío y Acarreo en la fase de relleno del Espaldón? 	<p>OBJETIVO GENERAL:</p> <p>Controlar los procesos unitarios de Carguío y Acarreo mediante el uso de KPI en la Fase de Relleno del Espaldón.</p> <p>OBJETIVOS ESPECIFICOS:</p> <ul style="list-style-type: none"> Implementar KPI que permitan mejorar nuestros procesos de Carguío y Acarreo en la fase de relleno del Espaldón. Mejorar la eficiencia del Ciclo de Carguío y Acarreo en la Fase de Relleno del Espaldón 	<p>HIPOTESIS GENERAL:</p> <p>El uso de KPI permitirá Optimizar los Procesos de Carguío y Acarreo en el Espaldón.</p> <p>HIPOTESIS ESPECÍFICAS:</p> <ul style="list-style-type: none"> La implementación de los KPI ayudaran a mejorar el control en los Procesos de Carguío y Acarreo en la Fase de Relleno del Espaldón. Los KPI permiten mejorar el Ciclo de Carguío y Acarreo en la Fase de Relleno del Espaldón.

CAPITULO II

MARCO TEORICO

2.1) ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN:

- “OPTIMIZACIÓN DEL CARGUÍO Y ACARREO DE MINERAL MEDIANTE EL USO DE INDICADORES CLAVE DE DESENPEÑO U.M. CHUCO II DE LA E.M. UPKAR MINING S.A.C.” (PABEL MARX HUAROCC CCANTO 2014)

Este proyecto de investigación busca optimizar las operaciones unitarias de carguío y acarreo en base KPI (INDICADORES CLAVE DE PRODUCCION) en una unidad minera, la cual es una herramienta de gestión que permite desarrollar indicadores con el fin de mostrar la productividad y eficiencia de un equipo.

- “DISEÑO DE HERRAMIENTA COMPUTACIONAL PARA CONTROL DE KPI DE OPERADORES DE CARGUÍO Y TRANSPORTE – MINA LOS BRONCES” (PATRICIO IGNACIO QUIROGA FERRUZ 2016)

La presente tesis trata acerca de la creación de una herramienta computacional en Minera los Bronces (Chile) que permita optimizar los Indicadores Clave de Producción (KPI) en base a la capacitación y

empoderamiento de los trabajadores es decir se busca que el trabajador mejore sus habilidades en el manejo y control de los equipos de carguío y acarreo.

Para ello en este proyecto se realizó la recopilación de datos en tiempo real con el Dispacht y mediciones en campo, para a partir de esto crear modelos estadísticos de la eficiencia de los equipos y sus respectivos operadores con el fin de evaluar, controlar y mejorar el rendimiento de cada operador

Finalmente, se tiene como resultado una herramienta computacional capaz de mostrar gráficamente las mediciones de los indicadores de carguío y transportes (QUIROGA 2016) generando valor en cada uno de los procesos de la operación minera, el llevar un buen control de nuestros indicadores llevara a la optimización de nuestros costos generando un mejor balance económico de la organización.

2.2) GENERALIDADES DE LA INVESTIGACIÓN:

2.2.1) Definición de una Presa de Relaves:

Hoy en día la industria minera extrae millones de toneladas de roca con el propósito de recuperar los minerales valiosos existentes en las rocas, es por ello que el procesamiento de las rocas mineralizadas genera desechos los cuales se llama “RELAVES” que vienen hacer roca pulverizada que van desde las micras hasta los granos finos.

Es así que las grandes mineras se ven obligadas a diseñar estructuras de ingeniería para poder almacenar la gran cantidad de Relaves provenientes del proceso en Planta y así llevar una mejor gestión en cuanto a los relaves sin embargo hay 3 factores principales en la construcción de una Presa de Relaves como son:

- Costo
- Estabilidad
- Desempeño Ambiental

Estos factores deben tener un punto de equilibrio para garantizar la operación sin descuidar el medio ambiente y la estabilidad de la Presa que de por sí ya vienen hacer situaciones muy delicadas ya que si uno de estos factores falla se pondría en riesgo la continuidad de la mina debido a problemas con la comunidad por la contaminación que se pudiese suscitar aguas abajo lo que conllevaría la paralización de la producción o por el colapso de la Presa que contraería situaciones catastróficas en donde el panorama sería muy desalentador para la continuidad de la mina generando pérdidas millonarias para los inversionistas.

2.2.2) Variables de Diseño de una Presa de Relaves:

Para iniciar las Construcción de una Presa de Relaves se toman en cuenta diferentes variables las cuales deben garantizar que la Presa de Relaves cumpla con las con las especificaciones Técnicas – Económicas; es así que VICK 1990 nos dice que “los criterios de selección incluyen al Costo, restricciones de Diseño y desempeño

Ambiental. La importancia de cada uno de los criterios puede variar dependiendo de la operación y el sitio en que se proyecte la Construcción de la Presa de Relaves. Al seleccionar un sitio apropiado, las restricciones se imponen principalmente por la ubicación del molino, la topografía, la hidrología, la geología y la hidrogeología”

- **Ubicación de la Planta Concentradora:**

La ubicación de la Planta debe tener un estudio cuidadoso para determinar el lugar más conveniente buscando las operaciones óptimas que permitan maximizar la rentabilidad del proyecto y reducir los costos unitarios.

En consecuencia, los sitios cercanos al molino se ven favorecidos sobre una base de costo sobre los más alejados. Generalmente considera los sitios dentro de aproximadamente cinco millas de la Planta, esta distancia puede ser expandida más tarde si no se encuentran sitios adecuados. Idealmente, los sitios se ubican cuesta debajo de la Planta para permitir el flujo de gravedad de los relaves y para minimizar los costos de bombeo de lodo; sin embargo, tuberías con pendiente gradientes se evitan donde sea posible.

- **Topografía:**

Además de la distancia y la elevación, la topografía natural es una de las principales consideraciones para el volumen requerido. El objetivo es lograr la máxima capacidad de almacenamiento con la menor cantidad

De relleno. Los valles naturales y otras depresiones topográficas generalmente se investigan primero.

- **Análisis de Estabilidad:**

Desde el diseño inicial del dique de prueba hasta el cierre final del sitio, la estabilidad del terraplén de relaves sigue siendo una consideración importante.

2.2.3) Métodos de Construcción de una Presa de Relaves:¹

Hoy en día existen 3 tipos de métodos en la construcción de Presas de Relaves los cuales generalmente comienzan con un Dique de Arranque el cual viene hacer el soporte de las futuras fases a continuar.

El levantamiento de la Presa puede ser construido empleando un rango ancho de materiales, incluyendo suelos de préstamo natural, desmonte de mina, relaves, etc; indiferentemente del tipo de material empleado en la construcción, el crecimiento de la presa cae generalmente en tres clases: Aguas Arriba, Aguas Abajo y Línea Central y se basan en la dirección en que se mueve la cresta y en relación a la posición final del Dique de Arranque a medida que se incrementa la altura.⁴

➤ **Método Aguas Arriba:**

El método de Aguas Arriba o también llamado “Método hacías Atrás” es el método más simple y económico debido a que se toma en gran parte

1- DESIGN AND EVALUATION OF TAILINGS DAMS(U.S. Environmental Protection Agency (EPA) - August 1994)

a los relaves provenientes de la Planta concentradora lo cual genera un menor costo en el volumen de materiales a utilizar y en el Acarreo del material. El método comienza con un Dique de Arranque que sirve como estructura de contención para el posterior almacenamiento de los relaves en una primera instancia.

El vaciado de los relaves debe ser de manera sistemática para que se forme una Playa de Relaves (llamada así por la formación de arenas en la primera etapa asemejándola a una playa) la cual sirve como soporte para la siguiente fase constructiva del recrecimiento de la Presa; sin embargo el Método de Aguas Arriba no es tan recomendable debido a que si se pone a factores externo como Saturación de Agua, Sismicidad; Licuefacción del terreno, etc. estos merman la estabilidad de la Presa de Relaves convirtiéndolo en un método no tan recomendable. Algunas ventajas y desventajas del Método Aguas Arriba:

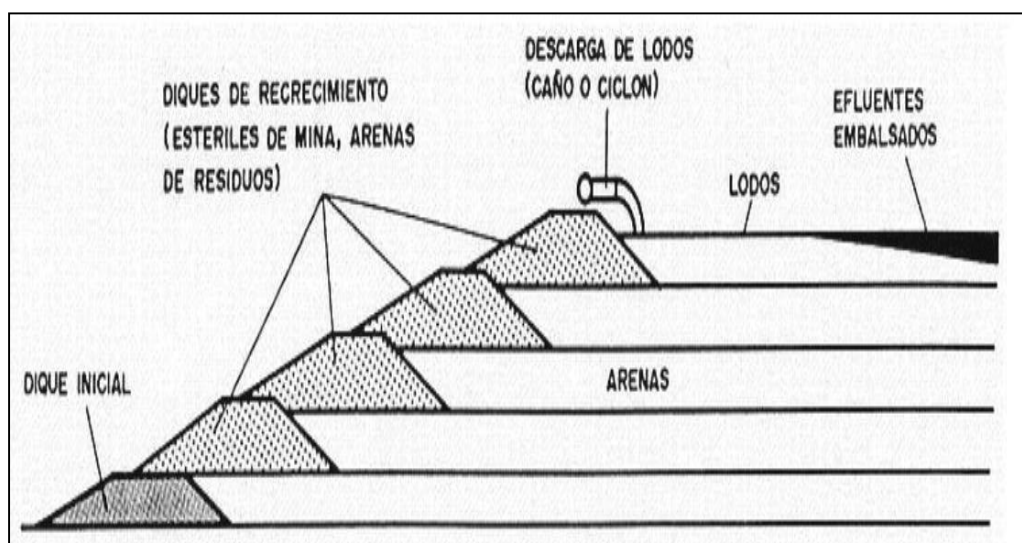
VENTAJAS:

- Es un método económico debido a que utiliza en gran parte a los Relaves provenientes de la Planta concentradora reduciendo el volumen de materiales a utilizar en la Presa.
- Es simple y fácil de ejecutar.
- Menor costo en el Acarreo de material para la Presa.

DESVENTAJAS:

- Inestabilidad de la Presa debido a que se cimienta sobre terreno no tan competente.
- Pérdida de área para el almacenamiento de los Relaves.

Figura N° 01: Método de Construcción Aguas Arriba



Fuente: Emilio Andrea Drago en Escombreras y Presas de Relave

➤ **Método Aguas Abajo:**

El método Aguas Arriba es muy similar al método antes mencionado ya que también necesita de un Dique de Arranque para su ejecución sin embargo la construcción de la Presa va de la mano con su talud final aguas abajo.

Este método permite incorporar medidas estructurales dentro del cuerpo de la presa, por ejemplo núcleos impermeables y drenes internos, para un control positivo del nivel freático, además es altamente resistente a la licuefacción por lo que es muy utilizado en zonas de regular sismicidad.⁴

El método Aguas Abajo si bien es cierto es más seguro que el Método Aguas Arriba su desventaja radica en su alto costo debido a la gran cantidad de volumen de roca que se necesita y posterior transporte de hacia la Presa. Sin embargo el no depender de los Relaves como el método anterior Aguas Arriba hace que tenga una gran estabilidad y sea mucho más seguro.

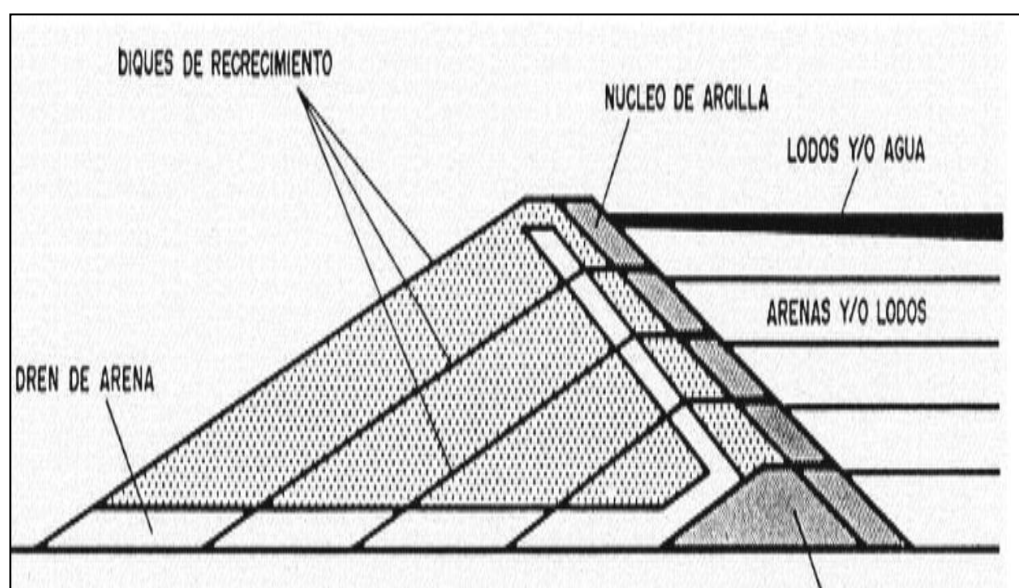
VENTAJAS:

- Mayor estabilidad de la Presa ya que no se depende de los Relaves como base para la construcción de las siguientes fases.
- Se genera mayor área para el almacenamiento de los Relaves.

DESVENTAJAS:

- Alto costo debido a la gran cantidad de materiales que se utilizan para rellenar.
- En caso se tenga comunidades aguas abajo se puede generar problemas socio-ambientales.

Figura N° 02: Método de Construcción Aguas Abajo



Fuente: Emilio Andrea Drago en Escombreras y Presas de Relave

➤ Método de Línea Central:

El método de Línea Central integra las características constructivas tanto del Método Aguas Abajo como el de Aguas Arriba ya que recrece la

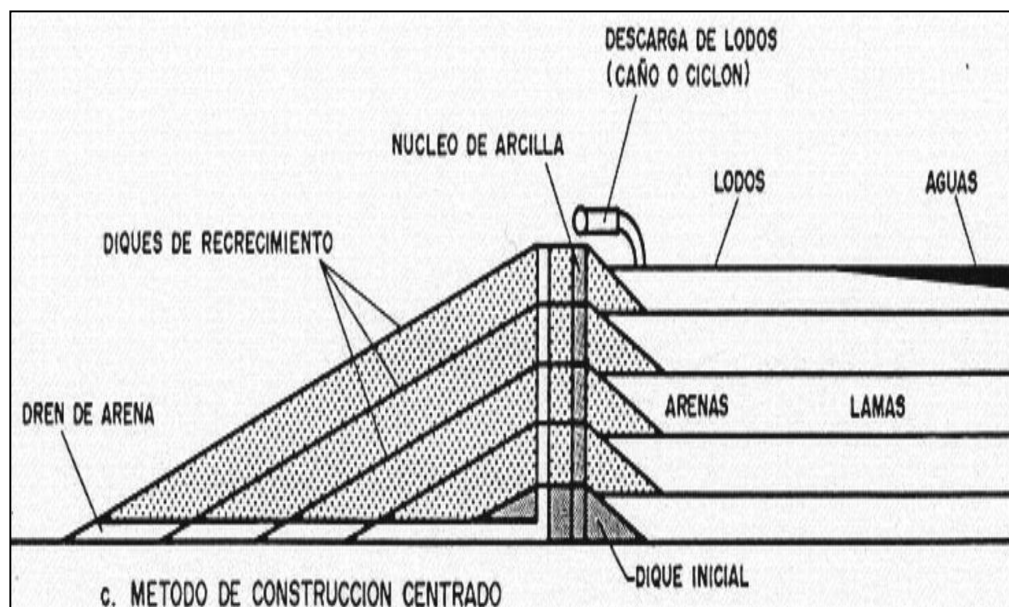
Presa de Relaves siguiendo la proyección de su propio eje es decir se proyecta sobre sí misma.

Al igual que los métodos antes mencionados esta necesita de un Dique de Arranque sobre la cual se recrecerán las siguientes fases de la Presa en ambos frentes es decir se rellenara en el frente de la Playa de Relaves (Aguas Arriba) y en la cara del talud (Aguas Abajo).

Este método resulta ser muy económico debido a se reduce considerablemente el volumen a utilizar, ya que toma a la Playa de Relaves como soporte para su recrecimiento sin embargo el mayor volumen va hacia Aguas Abajo en donde se va recreciendo desde el pie del Talud a través de capas las cuales son compactadas para dar estabilidad a la Presa de Relaves.

Al ser un relleno Controlado esto hace que tenga una muy buena Resistencia Sísmica garantizando la seguridad de la Presa y la Rentabilidad del Negocio ya que si analizamos un poco la Presa de Relaves es un punto muy crítico debido a que si colapsara este generaría perdidas millonarias, Contaminación Ambiental, Problemas Sociales, etc. lo que contribuiría al cierre de las operaciones.

Figura N° 03: Método de Construcción de Línea Central



Fuente: Emilio Andrea Drago en Escombreras y Presas de Relave

2.2.4) Kpi y su Propósito:

Los KPI son herramientas de gestión ampliamente utilizadas por las empresas en todo el mundo para medir y evaluar el desempeño de sus procesos y gestionarlos de la manera más eficaz y eficiente posible, con miras a la consecución de metas y objetivos previamente establecidos por las organizaciones.

Hay varios tipos de indicadores de desempeño, cada uno con un propósito diferente en una circunstancia diferente. Estas herramientas pueden ser cuantitativas o cualitativas, lo que significa que dependiendo de la intención del gestor y los tipos de KPI elegido, pueden evaluar numéricamente los procesos o también medir la calidad con la que se están ejecutando.

Además de ser potentes herramientas de gestión de procesos, los indicadores clave de rendimiento también funcionan como vehículos de comunicación organizacional, porque a través de ellos, el desarrollo de las empresas se comparte con empleados de diferentes niveles jerárquicos.¹

Según Tsai y Cheng (2011) sostienen que el resultado de las operaciones de negocio es el rendimiento y, al ser los KPIs una herramienta de evaluación del rendimiento, permiten la evaluación de los objetivos de la organización y la buena gestión del rendimiento.

Los KPIs ayudan a realizar una validación sobre los puntos que están fallando dentro de la organización y, de este modo, incrementar los esfuerzos sobre dichos puntos (Jackson, 2009). Además, admiten la cuantificación de diferentes aspectos de la realidad, posibilitando el análisis del rendimiento pasado y posibles escenarios futuros (Castillo y Lorenzana, 2010).

2.2.5) Clasificación de Indicadores:

Los indicadores se pueden clasificar en cualquier aspecto medible tanto cualitativamente como cuantitativamente con el fin de llevar los controles necesarios en cada uno de los procesos de la organización.

Estos son algunos tipos:

- **Indicadores Estratégicos:**

Son parámetros cualitativos y/o cuantitativos que definen los aspectos relevantes sobre los cuales se lleva a cabo la evaluación para medir el grado de cumplimiento de los requisitos y objetivos planteados en términos de eficiencia, eficacia, calidad y economía, para coadyuvar a la toma de decisiones y corregir o fortalecer las estrategias y la orientación de los recursos.

Los indicadores estratégicos se encuentran relacionados y/o contienen información de los indicadores tácticos y operativos que han sido identificados en los requisitos fundamentales y específicos de los procesos.³

- **Indicadores Tácticos:**

Aquellos indicadores que deben dar seguimiento a los requerimientos específicos, problemas y oportunidades de mejora de las áreas de negocio. Permiten controlar los requerimientos fundamentales de los procesos (Visibilidad, Control, Riesgos, etc.).

El objetivo de estos indicadores es controlar y lograr la consecución del programa de mejora continua y eficiencia operacional a través de los procesos.³

- **Indicadores Operacionales:**

Aquellos indicadores que deben dar seguimiento a la operativa permanente de los procesos de negocio, de acuerdo a los parámetros de eficiencia operacional establecidos. Habrá ciertos indicadores tácticos

que una vez alcanzada y estabilizada la mejora continua, pasarán a ser indicadores operacionales.³

Figura N° 04: Clasificación de Indicadores



Fuente: CLUB BPM (BUSINESS PROCESS MANAGEMENT)

2.2.6) La Importancia de los Kpi en los Procesos:

Los KPI tienen una gran importancia en la organización ya que nos permiten analizar en qué estado se encuentran los procesos productivos a partir de una base de datos la cual nos permite identificar en que estamos fallando para identificar oportunidades de mejora que nos permitan optimizar nuestros procesos y reducir los costos para garantizar la satisfacción en global de la compañía.

Los indicadores además, también muestran el comportamiento de nuestros procesos a futuro y la evolución de estos a lo largo de la duración del proyecto, en otras palabras los KPI permiten proyectarnos de tal manera que tengamos una idea de cómo irán nuestras ventas y en qué estado se llegará al final del ciclo de vida de nuestro proyecto.

En modo de resumen podemos decir que:

- Los KPI ayudan a alcanzar los objetivos financieros y organizacionales establecidos.
- Permite tener una visión clara y sencilla en cada uno de los procesos.
- Puede analizar una actividad de manera independiente además de poder compararla en determinados periodos de tiempo.
- Ayuda a identificar las desviaciones que tengamos en los procesos pudiendo tomar acciones de mejora de forma inmediata.
- Optimiza los procesos y ayuda a la reducción y control de costos.

2.2.7) Características de los KPI:

Los KPI tienen ciertas características que nos permiten analizar si estamos logrando los objetivos y metas trazados en cada uno de nuestros procesos permitiendo ver el estado que tengamos en nuestra organización. A continuación las principales características de los KPI:

- Medible: anteriormente he mencionado que los KPIs son métricas, por tanto su principal característica es que son medibles en unidades. Ejemplo: 1,2, 100, 1000, 1000.000
- Cuantificable: si se puede medir, se puede cuantificar. Por ejemplo si hablamos de unidades monetaria las cuantificaríamos en € o \$. También existen muchos indicadores de gestión que se miden en porcentaje.
- Específico: se debe centrar en un único aspecto a medir, hemos de ser concretos.
- Temporal: debe poder medirse en el tiempo. Por ejemplo podemos querer medir a diario, de forma semanal, mensual o anual.
- Relevante: el propio término hace referencia a esta característica “indicadores clave de gestión”. Únicamente sirven aquellos factores que sean relevantes para nuestra empresa.³

2.3) ASPECTOS GENERALES:

2.3.1) Ubicación:

Antamina es un complejo minero polimetálico que produce concentrados de cobre, zinc, molibdeno, plata y plomo. La mina está ubicada en el distrito de San Marcos, provincia de Huari en la Región Ancash, a 200 km. de la ciudad de Huaraz y a una altitud promedio de 4,300 msnm.

Además, también contamos con el puerto de embarque Punta Lobitos,

ubicado en la provincia costera de Huarvey. Nuestra empresa ha realizado una de las mayores inversiones mineras en la historia del Perú: 3,600 millones de dólares que incluye lo invertido en la expansión de sus operaciones. Además, en la actualidad, somos uno de los mayores productores peruanos de concentrados de cobre y zinc y una de las diez minas más grandes del mundo en términos de volumen de producción.

Somos una empresa constituida bajo las leyes peruanas, con trabajadores peruanos que día a día buscan hacer del Perú un mejor país. Asimismo, surgimos como producto de una alianza estratégica entre cuatro empresas líderes en el sector minero mundial. Los accionistas de Antamina son:

- BHP Billiton (33.75%)
- Glencore (33.75%)
- Teck (22.5%)
- Mitsubishi Corporation (10%)

Las coordenadas geográficas de Antamina son las siguientes:

- 77° 04' 45" W.
- 09° 32' 30" S

Las coordenadas UTM DATUM WGS-84, zona 18Sur:

- 271 212,025 E 8 943 666,23 N
- 271 782,017 E 8 944 509,12 N

2.3.2) Accesibilidad:

Para poder llegar a Antamina existen 02 carreteras las cuales son asfaltadas. Una de ellas es saliendo desde la ciudad de Lima recorriendo la Panamericana Norte y la otra ruta es saliendo desde la ciudad de Huaraz.

Cuadro N° 02: Accesibilidad hacia Antamina

TRAMO	DISTANCIA	CONDICIÓN	TIEMPO
LIMA - ANTAMINA	450 KM.	ASFALTADA	APROX 8.5 HORAS
HUARAZ - ANTAMINA	200 KM	ASFALTADA	APROX 3.5 HORAS

Figura N° 05: Imagen de la Accesibilidad de Antamina



Fuente: Mapas del Perú

2.3.2) Geología:

El depósito de Antamina es un depósito de tipo skarn polimetálico, con mineralización de cobre, zinc, plata, molibdeno y bismuto. El depósito se formó como resultado desplazamiento del intrusivo Antamina y de otros cuerpos intrusivos porfiríticos relacionados a éste, en la formación de calizas de la Formación Celendín. El metasomatismo de contacto resultó en la formación del skarn mineralizado a lo largo de los límites entre los intrusivos y la caliza. La mineralización económica ocurre en aproximadamente el 90% del skarn y localmente dentro del intrusivo y la caliza. Las calizas Celendín albergan el depósito y forman afloramientos prominentes en las crestas y paredes del Valle Antamina en los afloramientos, se presenta estratificado en capas de 1 a 3 m de espesor. La caliza es gris clara y se intemperiza con una coloración blanca o crema. En los agujeros de perforación, la estratificación es evidente en una escala de varios centímetros de espesor, sin fósiles, conchas u otro material biógeno. La caliza ha sido clasificada como micrita. La mineralización está limitada a pequeñas cantidades de pirita en las calizas, aunque es común encontrar vetas y mantos de skarn, algunos de ellos mineralizados y otros no, dentro de la caliza. La caliza muestra susceptibilidad a intemperización kárstica. La intemperización kárstica es causada por disolución de la caliza, generalmente a lo largo de las fracturas (conductos de flujo). Esto da origen a la presencia de cavidades y grutas dentro de las formaciones de caliza. No se ha

observado la presencia de rasgos kársticos en la superficie del área del depósito Antamina.

Sin embargo, al norte y este del depósito, en la formación de caliza Jumasha, se ha detectado cavidades subterráneas con flujo de agua. La intrusión porfirítica comprende múltiples intrusiones, habiéndose podido identificar hasta nueve fases. La intrusión contiene mineralización de cobre molibdeno tipo porfirítico, con leyes que por lo general están por debajo de 0.7 % de cobre equivalente, valor que ha sido utilizado como ley de corte para el plan de minado. Las fases intrusivas asociadas con el evento de mineralización han sido afectadas por la alteración potásica. La alteración filítica está pobremente desarrollada, pero muy extendida. La silificación penetrante en la roca puede ocurrir localmente, pero no hay una zona definida para la alteración propilítica. Las principales zonas alteradas y la distribución de la mineralización. El skarn está bien definido por zonas en ambos lados de la intrusión central, con la siguiente secuencia que empieza en el intrusivo y termina en la caliza

:

- Skarn de granate marrón con cobre como chalcopirita (mena de cobre).
- Skarn de granate verde con chalcopirita y esfalerita (mena de cobre zinc).
- Skarn de wollastonita/diopsido/granate verde con bomita, esfalerita, y bismuto irregular.

- Caliza metamorfizada con venas o mantos de skarn de wollastonita/granate verde con mineralización de zinc, plomo y plata.

La mineralización de sulfuros es posterior a la formación de granatita y ocurre en tres formas: intersticial a cristales de granate, zonas de sulfuros masivos, o vetillas transversales. Las zonas de sulfuros masivos son generalmente mezclas consistentes en una variedad de cantidades de pirita, chalcopirita y esfalerita con menor cantidad de molibdeno, galena y varias sulfosales. Se puede distinguir dos zonas mineralizadas. Los dos tercios centrales, adyacentes al cuerpo del intrusivo, caracterizados por chalcopirita, pirita y molibdeno. Una corteza exterior, que representa un tercio del depósito, contiene esfalerita, chalcopirita, pirita y menores cantidades de galena y sulfosales. Las formaciones principales de roca usadas para la clasificación de la mena y de la roca de desmonte son las siguientes:

- Mena: consistente principalmente en mena de cobre (skarn de granate marrón) y menas de cobre/zinc (skarn de granate verde) en proporciones aproximadamente iguales, con algo de intrusivos mineralizados y mármol.
- Caliza: consistente en caliza no mineralizada, que constituye cerca del 75% de la roca de desmonte de mina. Algunas formaciones de mármol ocurren cerca del contacto con el skarn.
- Intrusivos: principalmente monzonita cuarcífera con escasa mineralización, constituyendo cerca del 15% de la roca de desmonte.

- Skarn de baja ley: skarn con bajos valores de mineralización, que constituye cerca del 10% de la roca de desmonte.
- Material de cubierta: suelos y roca oxidada cercanos a la superficie.

2.3.3) Reservas Mineras

El depósito mineral de Antamina, es un skarn proximal polimetálico de cobre, zinc, molibdeno y plata. Las dos terceras partes del yacimiento se encuentra ubicado debajo de la laguna Antamina y tiene como Reservas:

- Vida operativa de molienda: 18 años (2028)
- Vida operativa de minado: 16 años (2026)

Estimación de las reservas minerales de Antamina:

Cuadro N° 03: Reservas Probadas y Probables de Antamina

Clasificación	Tipo	Millones de toneladas	Ley Cu%	Ley Zn%	Ley Ag g/t	Ley Mo%
Probadas	Cobre	90	1.05	0.16	8.2	0.033
	Cobre - Zinc	43	0.82	1.79	15	0.006
Probables	Cobre	476	0.95	0.14	8.9	0.027
	Cobre - Zinc	177	0.83	1.99	14.3	0.006
Total reservas probadas y probables		785	0.92	0.65	10.4	0.022

2.4) PLAN DE EJECUCIÓN DEL ESPALDON DE LA PRESA DE RELAVES:

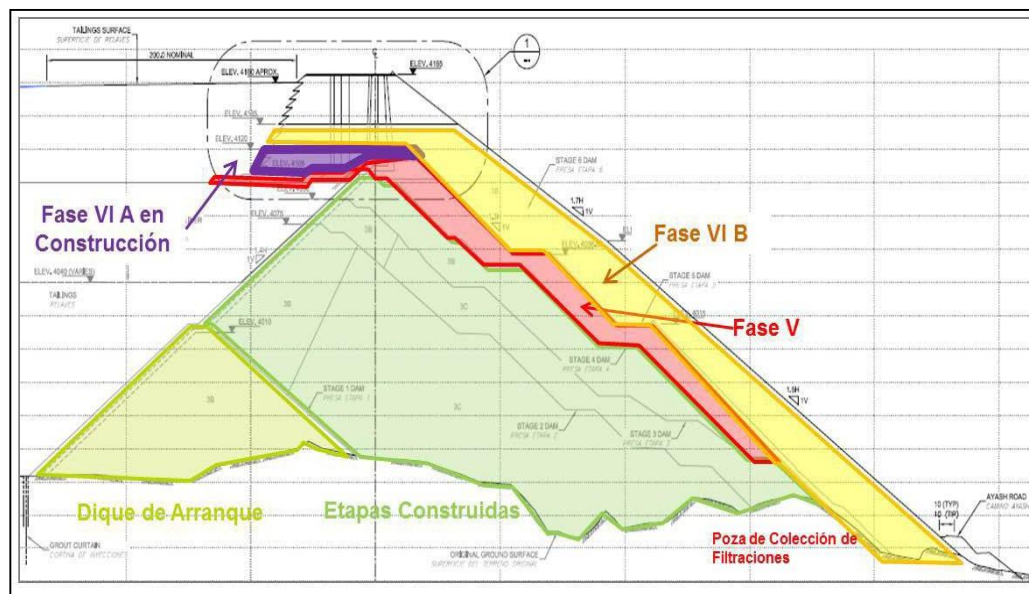
La fase de relleno del Espaldón es necesaria debido al recrecimiento de la Cresta de la Presa de Relaves, es por ello que el espaldón comprende por así decirlo la fase final de la construcción de la Presa; al ser esta fase de gran envergadura es que se fracciona por etapas secuenciales que permitan garantizar la construcción del Espaldón de la Presa de Relaves según los procedimientos establecidos por parte del Cliente.

En un breve resumen del trabajo del Espaldón; este consiste en trabajar con equipos menores debido al reducido espacio de trabajo para luego pasar a un relleno masivo con material calcáreo utilizando Camino Mineros de propiedad del cliente como son los equipos Cat 785, Cat 793, Cat 797 además de los camiones de marca Komatsu con son 830E, 930E y el 980E.

Estos equipos fuera de carretera realizarán el relleno masivo del Espaldón de la Presa de Relaves; sin embargo como menciono líneas arriba primero se debe realizar los trabajos de relleno en la base del pie del talud del Espaldón con el fin de habilitar el Haul Road que viene hacer la Vía de Acarreo los Camiones Mineros.

Los trabajos se realizarán con equipos convencionales ya sea con volquetes de 15m³, de 18m³ y de 20m³; así como excavadoras CAT 336, CAT 349, PC450, rodillos de 20 TM, Cisternas de agua de 8000gl, tractores de D6 y D8 para así dar inicio al espaldón.

Figura N° 06: Imagen de las Fases del Espaldón de la Presa de Relaves



Fuente: OHL (Propia)

2.4.1) PLANEAMIENTO DEL ESPALDON:

El planeamiento del Espaldón se caracteriza por tener 2 fases las cuales se trabajan de manera independiente con el fin de cumplir con los cronogramas establecidos y así poder tener el Haul Road final, el cual me permita realizar el relleno masivo de material 3B con los Camiones Mineros. Las 2 Fases son las siguientes:

- Fase 1 o New Haul Road
- Fase 2 o Haul Road Fase 1

Cuando estas 2 fases estén concluidas tendremos como resultado el Haul Road sin embargo cada fase conlleva un gran trabajo de ingeniería debido a que tenemos restricciones tales como:

- ✓ La vía de Comunidades que pasa por esa zona y la cual será desviada para la realización del Haul Road.
- ✓ Área de trabajo muy reducida.

- ✓ Interferencias tales como Pozas de Sedimentación aguas abajo, estaciones de rebombeo de agua y Top Soil (material orgánico) e Inadecuado (material de suelo).

Es así que a continuación explicaremos las Fases de trabajo y sus respectivas etapas de construcción:

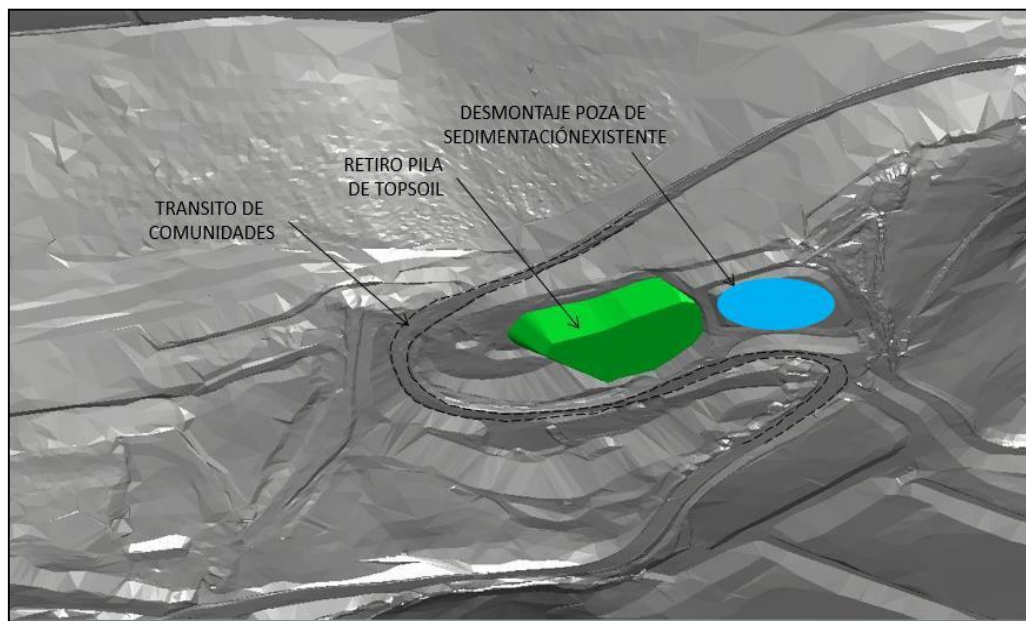
1.0) New Haul Road:

Como menciono líneas arriba cada fase consta de diferentes etapas de trabajo las cuales tiene una secuencia que garantice los rellenos necesarios para conformar el New Haul Road para el tránsito de los Camiones Mineros.

- **Etapas 1:**

En esta etapa se realiza el desmontaje y retiro de las Interferencias como son la Pila de Top Soil y de la Poza de Sedimentación existentes en el Camino de Comunidades para empezar con los rellenos del 3B. Se retiró aproximadamente 18004m³ de Top soil a través de equipos de carguío y acarreo que tuvieron como destino final el Botadero de top Soil.

Figura N° 07: Desmontaje de Interferencias

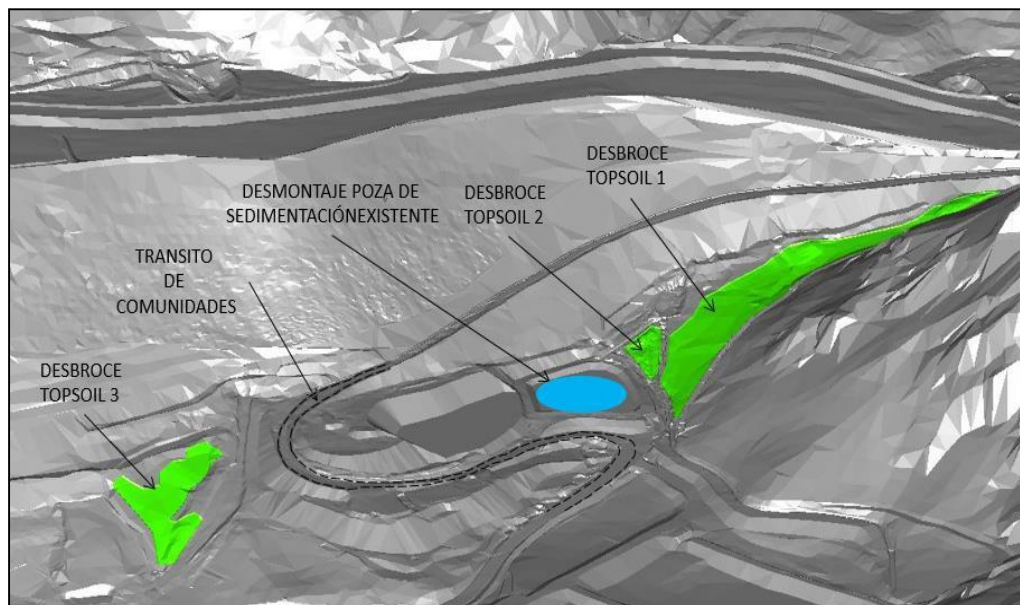


Fuente: OHL Topografía

- **Etapla 2:**

En la etapa 2 se realizó el retiro total de un aproximado de 2928.4m³ de Top soil y trasladados al Botadero Petar como se muestra en la figura (zonas de verde) para su liberación del área y comenzar con los rellenos del 3B.

Figura N°08: Retiro de Top Soil

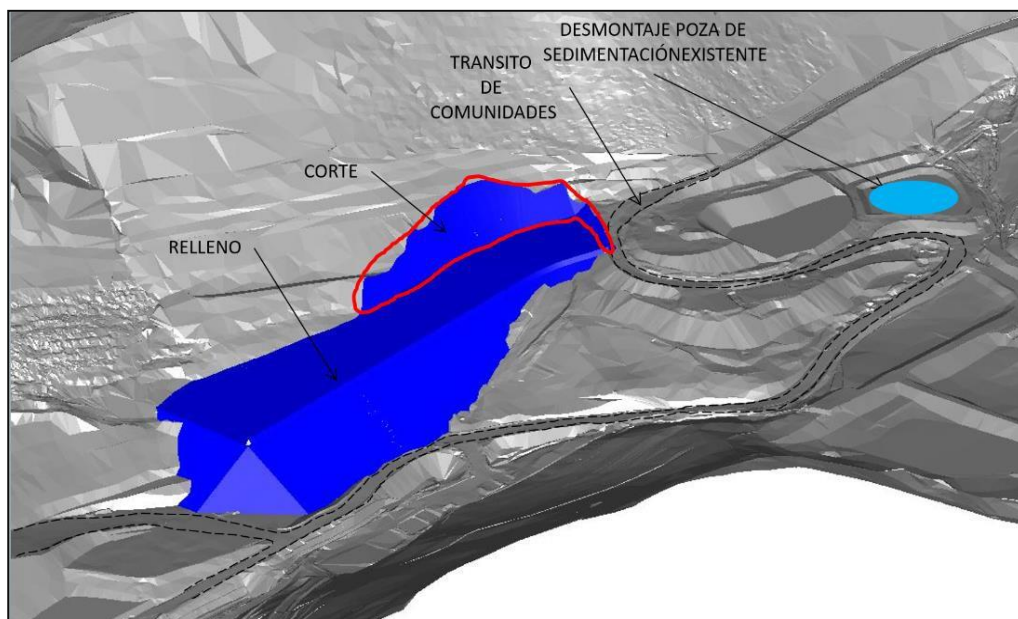


Fuente: OHL Topografía

- **Etapla 3:**

En la etapa 3 o también llamada New Haul Road Fase 1 se da comienzo con los trabajos de relleno aguas arriba del Camino de Comunidades con un aproximado de 134834.31m³ de material 3B en donde además se realizan algunos cortes del talud de 15356.30 m³ según manda la Ingeniería del Proyecto dando así forma al ensanchamiento de la vía para el Transito de los Camiones Mineros.

Figura N°09: Comienzo de los Rellenos con 3B

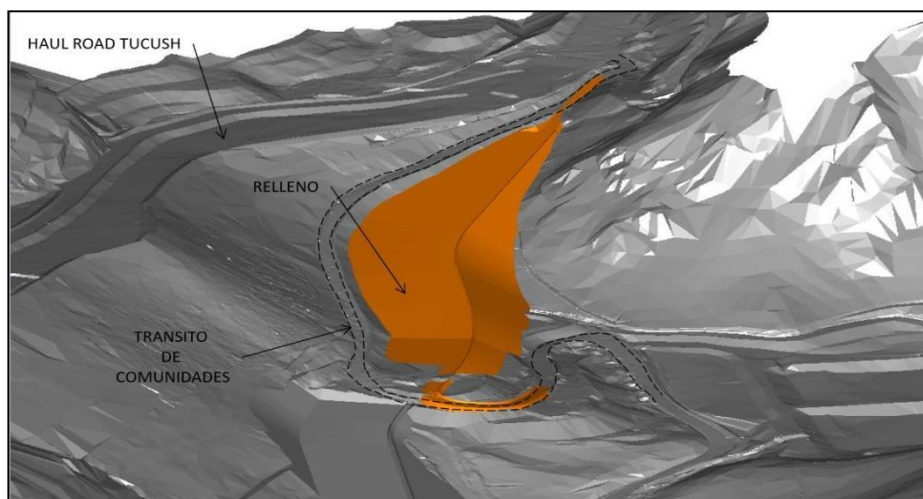


Fuente: OHL Topografía

- **Etapla 4:**

Una vez retirada toda la pila de Top soil y la Poza de Sedimentación empieza la etapa 4 que consiste en rellenar todo el vacío dejado por el retiro del Top soil y de la Poza con un aproximado de 163121.7 m³ de material 3B para el Nuevo Camino de Comunidades.

Figura N°10: Relleno del 3B en Antigua Zona de Top Soil



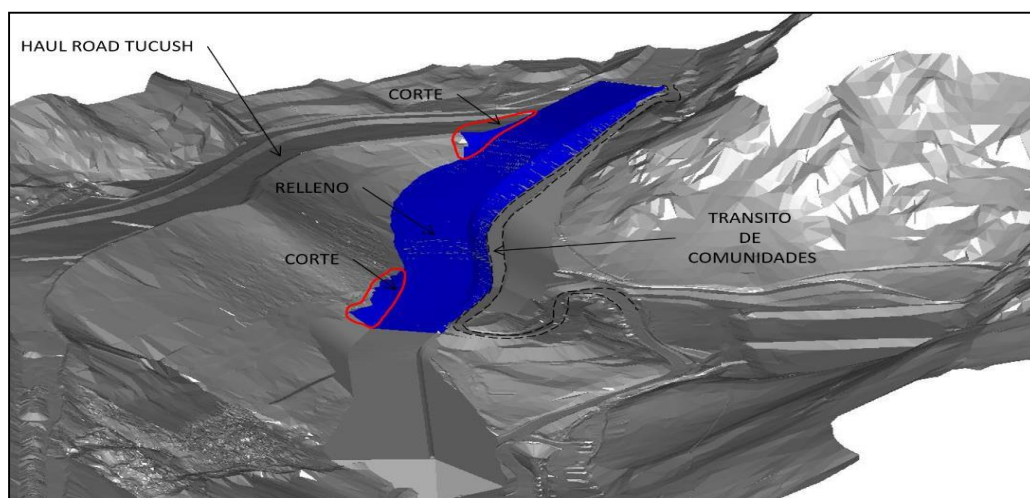
Fuente: OHL Topografía

- **Etapla 5:**

En la etapa 5 o también llamada New Haul Road Fase 2 se sigue realizando los rellenos con material 3B aguas arriba de la vía de Comunidades con el fin de empalmar el New Haul Road Fase 1 con la Fase 2 y se valla dando forma al Camino de Acarreo.

La fase 2 supone un relleno aproximado de 76620.96m³ de material 3B calcáreo los cuales como menciono líneas arriba será realizado con equipos convencionales.

Figura N°11: New Haul Road Fase 2



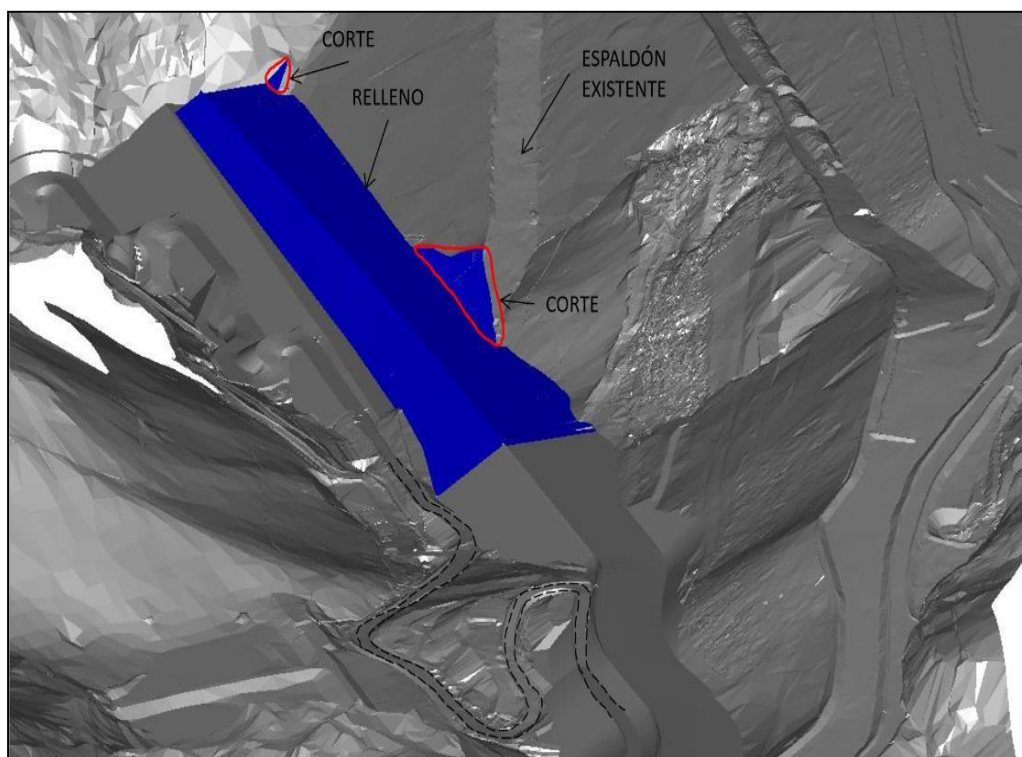
Fuente: OHL Topografía

- **Etapa 6:**

La Etapa 6 o también llamada New Haul Road Fase 3, viene a hacer la conformación final del New Haul Road a lo largo de todo el Espaldón que servirá como Vía de Acarreo y descarga de los Camiones Gigantes en donde se elevara el talud final de inclinación de la Presa de Relaves(Espaldón) a través de un relleno masivo; sin embargo como menciono anteriormente las dos fases del proyecto se trabajan de manera independiente es así que para terminar con él New Haul Road de la Fase se necesita haber culminado con el desvío de Comunidades y con el Haul Road Fase 1(Fase 2 del proyecto).

En esta etapa es necesario un aproximado de 296914.69m³ de material 3B y el corte del Talud de 20410m³ para asegurar los engrampes.

Figura N°12: New Haul Road Fase 3



Fuente: OHL Topografía

2.0) Haul Road Fase 1:

Esta fase consiste en realizar el desvío del Camino de Comunidades y culminar con los rellenos del Haul Road Fase 1 ya que éste servirá como base del New Haul Road Fase 3 y así empezar los rellenos del espaldón.

En esta fase se tienen varias interferencias debido al tránsito de Comunidades y a la complejidad del proyecto sin embargo se vienen efectuando los trabajos según el cronograma establecido y los requerimientos del cliente.

- **Etapas 1:**

En esta etapa inicial de la Fase II, los trabajos comprenden la culminación de los rellenos de trasdós de las dovelas de Seepage para poder empezar con los rellenos del Haul Road Fase 1 con material 3B. Las dovelas son estructuras de concreto armado que se realizaron con el fin de proteger la Poza de las filtraciones provenientes de la Presa de Relaves.

Las dovelas serán el soporte del pie del talud del Haul Road Fase 1.

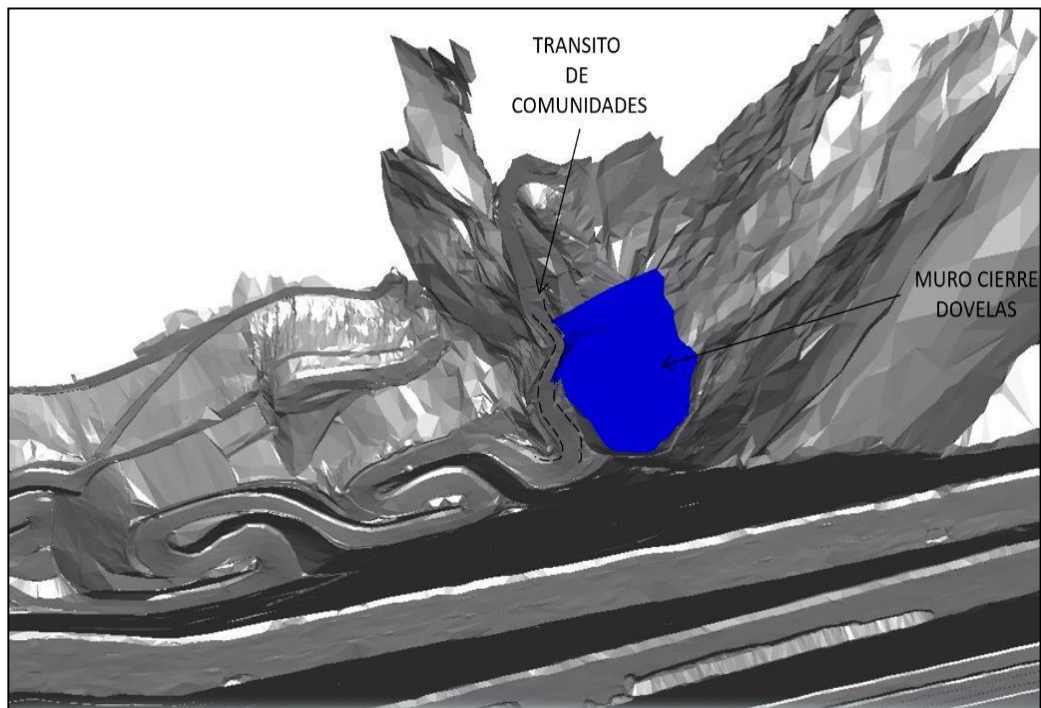
Figura N°13: Rellenos en Dovelas de Seepage



Fuente: Propia

Imagen vista en Planta:

Figura N°14: Rellenos sobre Dovelas

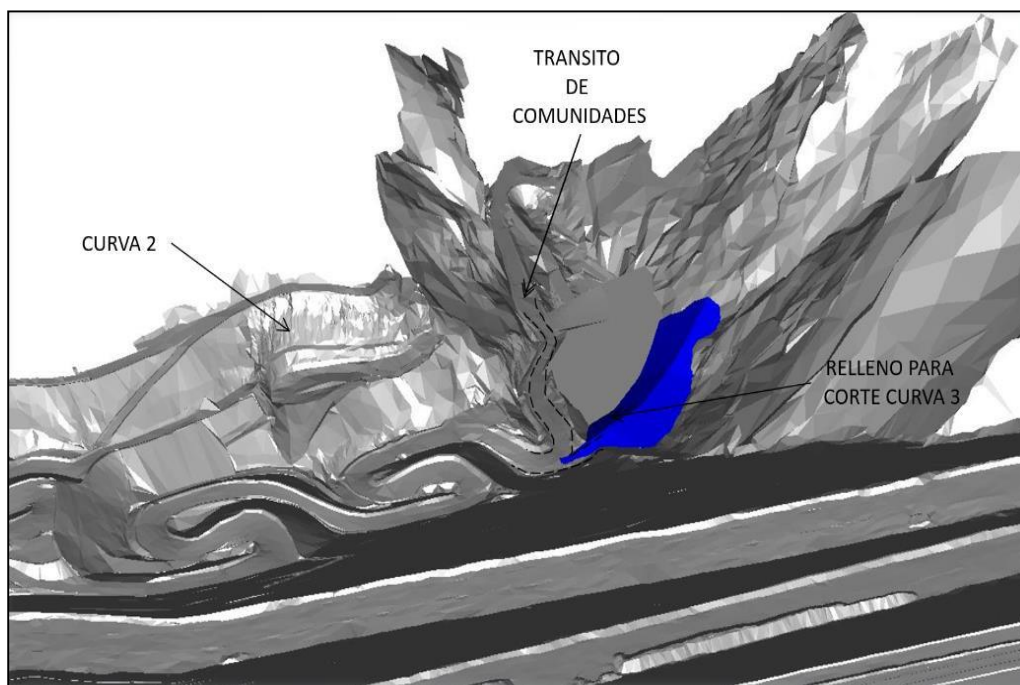


Fuente: OHL Topografía

- **Etapla 2:**

A continuación, se procederá a la eliminación del material inadecuado del talud natural, se procede a un relleno controlado de aproximadamente 14070 m³ de material con lo que se espera llegar a la corona de la Curva 3 y así empezar con los trabajos de Corte del talud ya que será el Nuevo Acceso de Comunidades.

Figura N°15: Rellenos en Curva 03



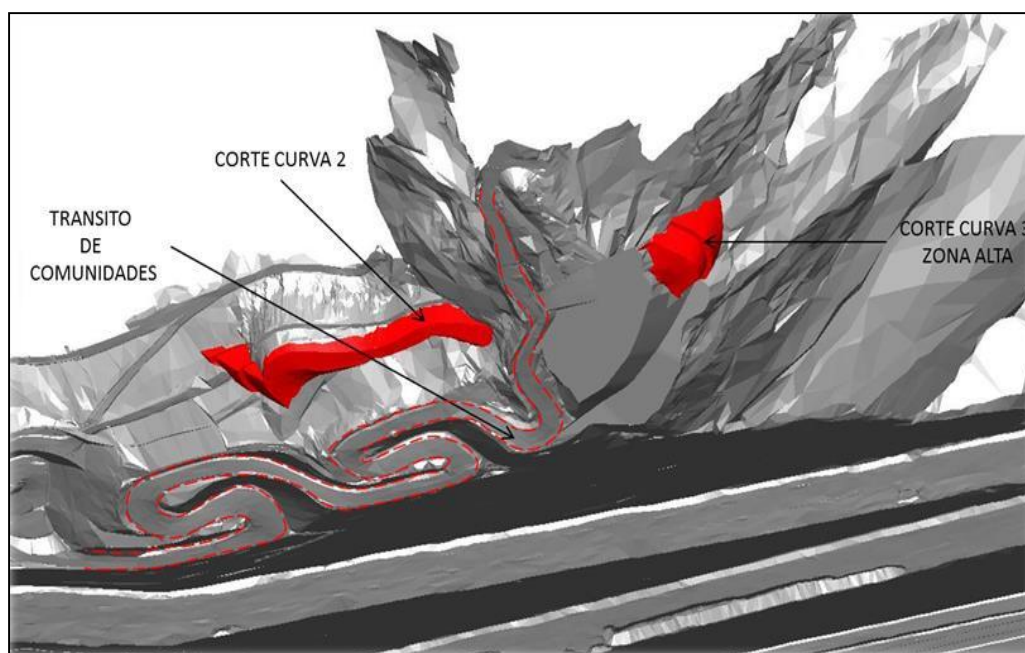
Fuente: OHL Topografía

- **Etapla 3:**

La etapa 3 fue muy compleja debido a que era necesario realizar el corte del talud con aproximado de 6032m³ para dar el ensanchamiento necesario a lo que será la Vía de Comunidades. Debido a la dureza y complejidad de esta zona (Dovelas) nos vimos obligados a realizar una voladura controlada que permita generar el agrietamiento de la roca y

posteriormente con un Martillo hidráulico terminar de fragmentar el macizo rocoso, esto debido a que aguas abajo teníamos a la comunidad y en la parte inferior teníamos a las Dovelas.

Figura N°16: Voladura en Curva 03



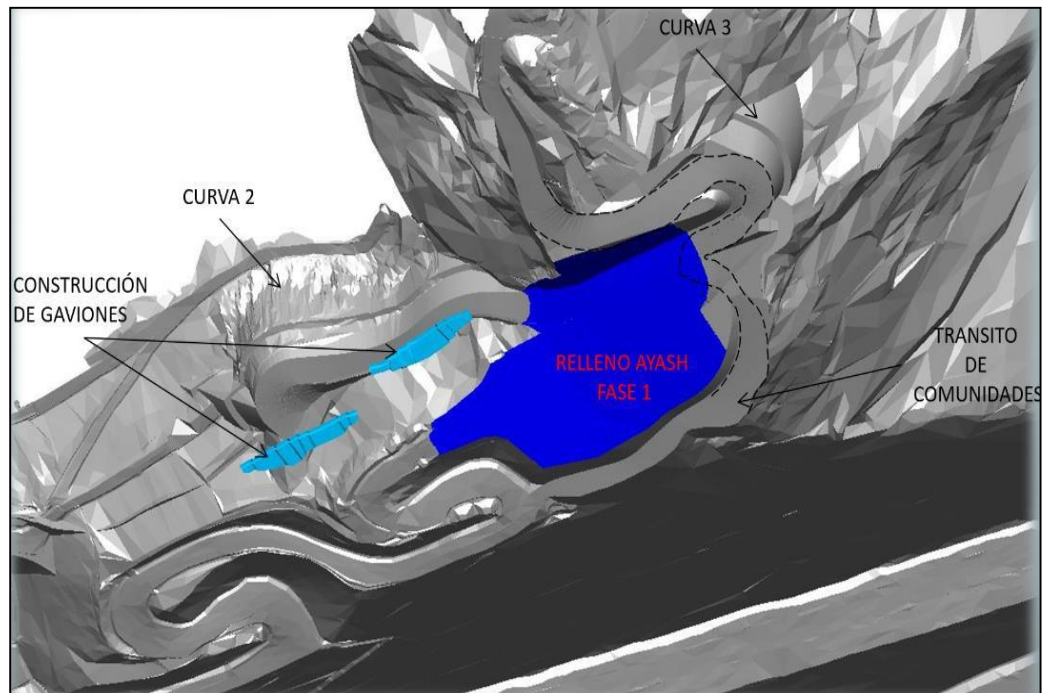
Fuente: OHL Topografía

- **Etapla 4:**

La etapa 4 consiste en hacer el desvío del tránsito de comunidades con el fin de dejar área para los trabajos de relleno, además el proyecto demanda la construcción de 02 Muro de gaviones en lo que será la defensa del Camino a Comunidades ante cualquier desprendimiento de roca que pueda ocurrir.

En esta etapa el volumen a rellenar es de aproximadamente 123932.53 m³ lo que la hace una de las etapas con mayor metrado a colocar.

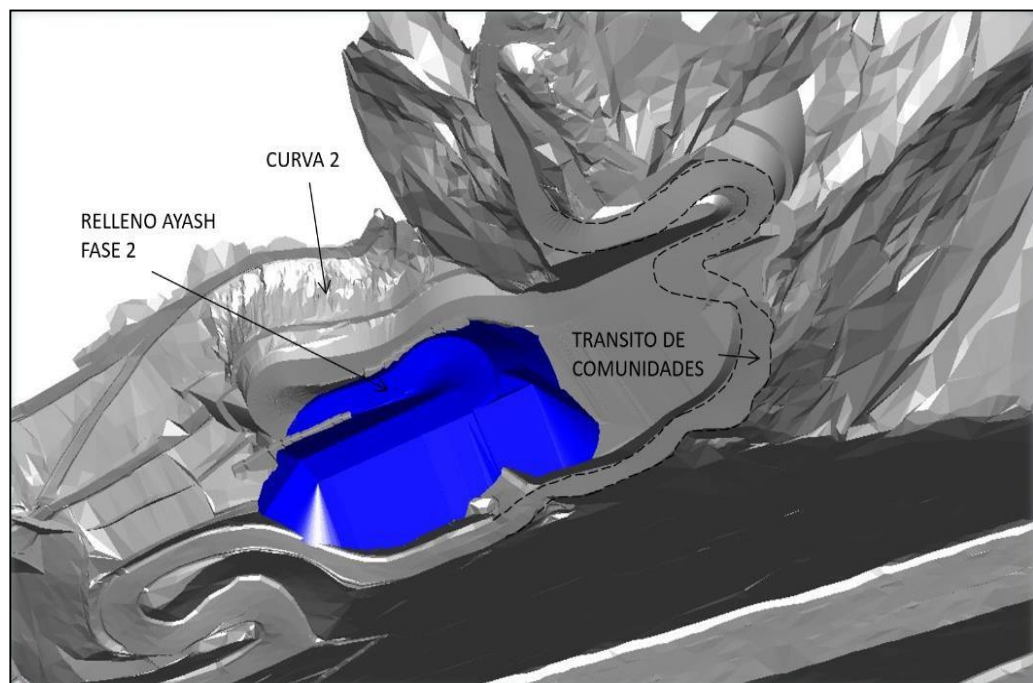
Figura N°17: Construcción de Muro de Gaviones y Rellenos del 3B



Fuente: OHL Topografía

Terminado los Muros de Gaviones se sigue con los rellenos en Plataforma Ayash o Relleno Ayash como se muestra en la figura siguiente:

Figura N°18: Rellenos del 3B

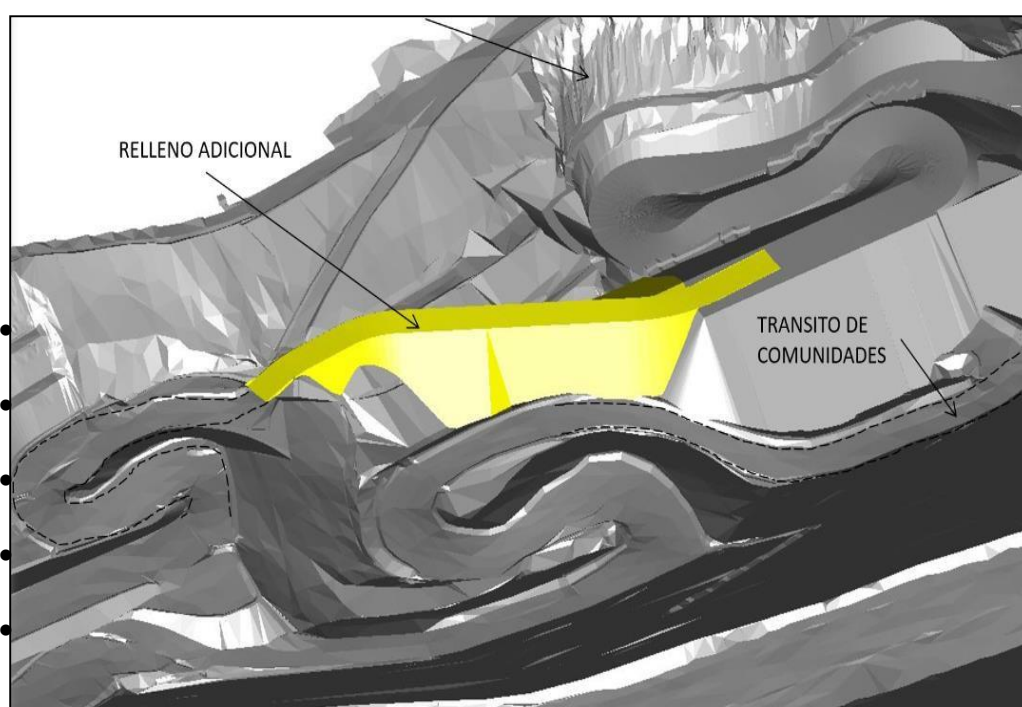


Fuente: OHL Topografía

- **Etapla 5:**

En esta etapa se realiza un relleno provisional con el fin de conectar la Plataforma Ayash con el punto inferior de la Curva 1 para desviar el Camino Ayash por completo dando así la continuidad de camino y así eliminar el tráfico que estaría en este momento por la base del relleno de Haul Road Fase 1.

Figura N°19: Conexión entre el Relleno Ayash Fase 1 con la Curva 01



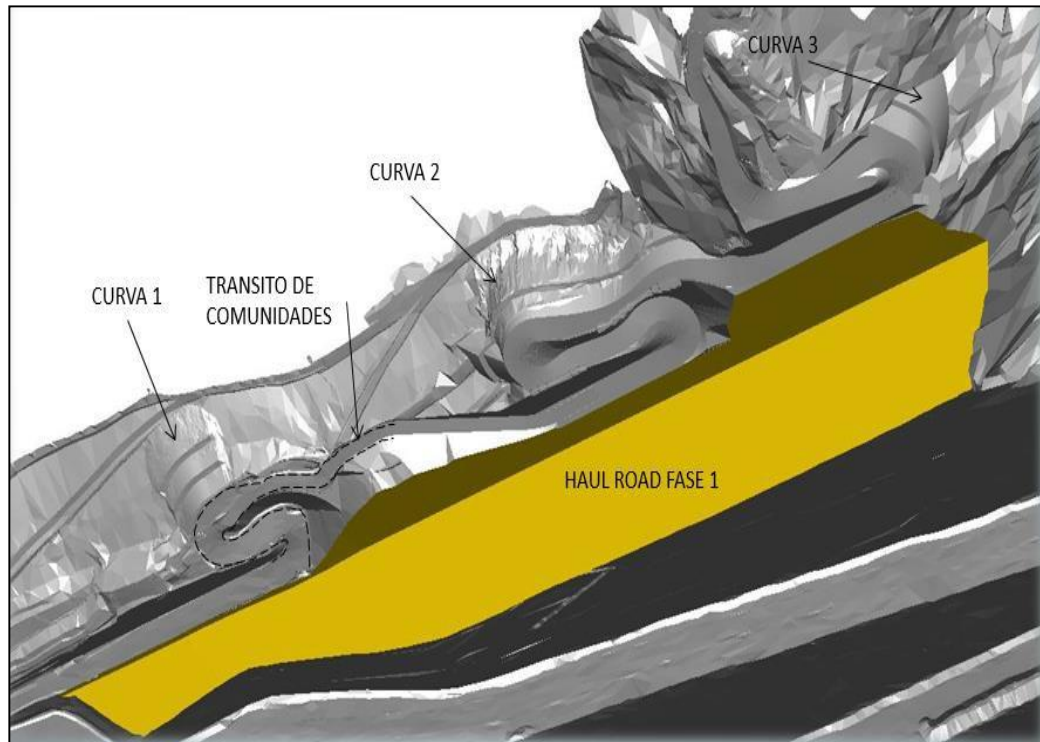
Fuente: OHL Topografía

- **Etapla 6:**

Con todo el tráfico de Comunidades ya desviado se empieza con los Relleno del Haul Road Fase 1 a lo largo del Camino Ayash, algunos trabajos previos son el desbroce de terreno natural sobre el que descansa el relleno de Haul Road, y aprobación de fundación. Esta fase aunque se considera previa, se puede ir compaginando con el

incremento de cota del relleno, de modo que se evita el riesgo de equipos excavando en pendientes fuertes.

Figura N°20: Haul Road Fase 1

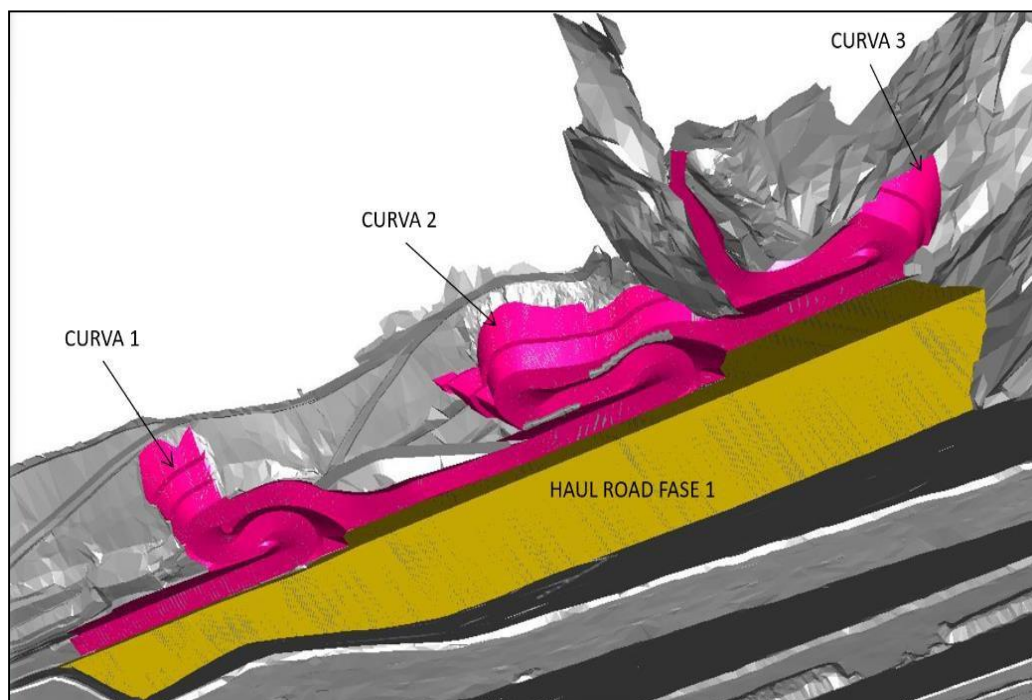


Fuente: OHL Topografía

- **Etapla 7:**

En la etapa 7 se concluye el Camino definitivo de Comunidades retirando el relleno provisional que se realizó en la Etapa 6 y rellenando lo que será el camino final con un aproximado de 6178.8m³ de material colocándose en el talud del Haul Road Fase 1 para asegurar los engrampes trazados según la Ingeniería del Proyecto dando así por terminada el Camino Ayash.

Figura N°21: Se termina el Desvío de Comunidades



Fuente: OHL Topografía

2.4.2) DIMENSIONAMIENTO DE LA FLOTA:

Para la realización del proyecto se trabajó con equipos convencionales debido a que las áreas de trabajo sobre todo en las Curvas eran muy reducidas para la realización del relleno masivo con Camiones Gigantes; por lo que se utilizó equipos de rango medio para la habilitación del Haul Road Fase 1 como Excavadoras, Volquetes, Tractores, Rodillos, Cisternas de Agua, etc.

A continuación describiré los equipos más importantes del proyecto:

- EXCAVADORAS:**

Cuadro N°04: Excavadoras del Proyecto

TIPO	MARCA	MODELO	POTENCIA	CAPACIDAD
EXCAVADORA SOBRE ORUGAS	CATERPILLAR	336D2L	268 HP	2.4 M3
EXCAVADORA SOBRE ORUGAS	CATERPILLAR	324D2L	188 HP	1.8 M3
EXCAVADORA SOBRE ORUGAS	KOMATSU	PC350LC-8	246 HP	2.5 M3
EXCAVADORA SOBRE ORUGAS	KOMATSU	PC450LC-8	246 HP	2.5 M3

FUENTE: PROPIA

- TRACTORES:**

Cuadro N°05: Tractores del Proyecto

TIPO	MARCA	MODELO	POTENCIA	CAPACIDAD
TRACTOR SOBRE ORUGAS	CATERPILLAR	D6T XL	200 HP	2.7 m3
TRACTOR SOBRE ORUGAS	CATERPILLAR	D8T	310 HP	11.70 m3
TRACTOR SOBRE ORUGAS	KOMATSU	D155A-6R	354 HP	9.4 m3

Fuente: Propia

- RODILLOS:**

Cuadro N°06: Rodillos del Proyecto

TIPO	MARCA	MODELO	POTENCIA	CAPACIDAD
RODILLO LISO	HAMM	3520	208 HP	20 TN
RODILLO LISO	CATERPILLAR	CS78B	173.7 HP	18.7 TN
RODILLO TAMDEN	HAMM	HD12 VV		25 TN
RODILLO NEUMATICO	CATERPILLAR	CW34		27 TN

Fuente: Propia

- VOLQUETES:**

Cuadro N°07: Volquetes del Proyecto

TIPO	MARCA	MODELO	POTENCIA	CAPACIDAD
VOLQUETE 8X4	MERCEDES BENZ	ACTROS 4144 8X4	435 HP	20m3
VOLQUETE 6X4	SCANIA	P460 B6X4	368 HP	15 m3
VOLQUETE 6X8	MERCEDES BENZ	ACTROS 3344K 6X8	435 HP	17 m3

Fuente: Propia

- **CISTERNAS:**

Cuadro N°08: Cisterna de Agua del Proyecto

TIPO	MARCA	MODELO	POTENCIA	CAPACIDAD
CISTERNA DE AGUA	INTERNATIONAL	7600 SBA 6X4	405.2 HP	8000 GLN
CISTERNA DE AGUA	FAW	CA3300P2K2L1T4EA80	414.38 HP	8000 GLN
CISTERNA DE AGUA	INTERNATIONAL	7600 SBA 8x4	431 HP	5000 GLN
CISTERNA DE AGUA	FAW	CA3256P2K2T1EA81	450 HP	5000 GLN

Fuente: Propia

2.4.3) PROCESOS CONSTRUCTIVOS:

Para la realización de este Proyecto se siguieron diferentes procesos constructivos con el fin de asegurar la ejecución del Proyecto y la Calidad del mismo

1) **Carguío:**

El carguío se da desde Cantera Tucush el cual viene hacer un Punto de Acopio de material 3B clasificado dejado por los Camiones Gigantes, desde donde se abastece a los volquetes para los diferentes frentes de trabajo en todo el Espaldón.

En la Cantera Tucush tenemos 01 Excavadoras CAT 336D2L, 01 excavadora PC350LC-8 y 01 excavadora PC450LC-8 trabajando en

ambos turnos con fin de garantizar la producción diaria establecida por el área de Planeamiento y Control de Proyectos.

Figura N°22: Carguío de Volquetes en Cantera Tucush



Fuente: Propia

Figura N°23: Descarga de Camiones Gigantes en Cantera Tucush



Fuente: Propia

2) **Acarreo:**

El acarreo de material 3B se da a través de Volquetes de ACTROS 4144 8X4 de 20m³ marca Mercedes Benz y de volquetes P460 B6X4 de 18m³ marca Scania, se utilizaron equipos convencionales debido al área reducida de trabajo y las distancias variaban según el frente de descarga.

Figura N°24: Descarga de Material 3B



Fuente: Propia

3) **Empuje y Conformación:**

Una vez descargado el material en forma consecutiva por los volquetes se realiza el empuje del 3B calcáreo a través de los Tractores de D7 y D8 con la finalidad de esparcir el material conformando capas de 1m. de espesor según el área de trabajo.

Debido a la diferente granulometría de las rocas provenientes del tajo es necesario dejar una superficie regular en la capa a conformar por lo que

se debe trabajar de la mano con topografía y con la experiencia del operador con el fin de garantizar el trabajo y evitar futuros retrabajos los cuales generan un sobre costo del proyecto.

Figura N°25: Empuje y Conformación de Material 3B



Fuente: Propia

4) Compactación:

Cuando se termina de conformar la capa de material 3B con el Tractor está se compacta a través de Rodillos de 20 TM en toda el área trabajada de una manera sistemática, ordenada y continua para asegurar que todo el relleno está debidamente compactado dándose 03 ciclos de compactación o 06 pasadas para cumplir con los parámetros de calidad estipulados en la Ingeniería del Proyecto.

Figura N°26: Compactación de material 3B



Fuente: Propia

5) Regado de la Plataforma del 3B:

Una vez dado los 03 ciclos o 06 pasadas de Compactación y dejando un área transitable para las cisternas se comienza con el regado de la plataforma sobre toda su superficie de manera continua y sistemática con una cantidad no menor a 150lt por cada metro cúbico de 3B para garantizar una buena compactación de toda la superficie y así el agua percole con las partículas más finas y estas se acomoden en los vacíos dejados por las partículas más grandes.

Figura N°27: Regado de Plataforma del 3B



Fuente: Propia

6) Liberación de la Plataforma del 3B:

Terminado el regado en toda la Plataforma se coordina con el Equipo de Topografía y Calidad tanto de OHL como de la supervisión de Golder (empresa especializada en garantizar la calidad de los trabajos realizados por OHL) para el levantamiento de la capa y la posterior Liberación del 3B; para esto tanto el operador de Rodillo y el Operador de cisterna llenan unos formatos en donde se llenan los tiempos de compactación y regado respectivamente.

Es así que el Equipo de Calidad libera la capa y se puede continuar otra vez con la descarga ya en la capa liberada dando así por cerrado el Ciclo del Proceso Constructivo.

CAPITULO III

ANÁLISIS DE LOS INDICADORES CLAVE DE RENDIMIENTO EN LOS PROCESOS DE CARGUÍO Y ACARREO EN LA FASE DE RELLENO DEL ESPALDÓN

3.1) Implementación de los KPI en los Procesos de Carguío y Acarreo:

En este capítulo se analizará los KPI en los procesos de Carguío y Acarreo de la Fase de Relleno del Espaldón con la finalidad de encontrar oportunidades de mejora en dichos procesos y garantizar la rentabilidad del Proyecto sin embargo para su análisis debemos primero implementar los KPI con la base de datos proveniente del campo, es así que trabajaremos con los KPI más conocidos en la Industria Minera.

Para implementar los KPI se tomaran datos reales de campo llenados en el Parte Diario de Máquina el cual es llenado por el operador y entregado a los Controladores en donde se describe de manera abreviada las actividades que á realizado por frente además de su horómetro de inicio y final; sin embargo estas Hora máquina (HM) se podría decir que no es una información fidedigna debido a que el controlador realiza una simple resta sin tomar en cuenta las restricciones del trabajo como

calentamiento; mantenimiento preventivo, traslado de máquina de un punto a otro, paralizaciones por seguridad, etc.

Es así que en este Capítulo desglosaré la Metodología de trabajo que se realizó en el Proyecto tales como:

- Implementar los KPI en base a nuestra base de datos actualiza.
- Analizar los KPI para encontrar desviaciones en los Proceso de Carguío y Acarreo.
- En base a los resultados encontrar Oportunidades de Mejora que permitan Optimizar los procesos de Carguío y Acarreo.

Es por ello que como base de estudio de los KPI en el Carguío y el Acarreo se tomara en cuenta la siguiente Imagen en donde se disgrega los Tiempos de Producción en los Procesos antes mencionados.

Figura N°28: Tiempos en Producción



Fuente: Miguel Gómez Yáñez, Roque Herrada Villarreal, "Método Simplificado para el Cálculo de Equipos y Costos en Operaciones de Minería a Cielo Abierto". Arequipa- Perú. 2011.

Dónde:

- Horas Calendarias (HC): 24 horas por día calendario.
- Horas Programadas (HP): Horas programadas de operación.
- Horas No Controladas (HNC): Horas ajenas al control por parte de operación, son aquellas en las que se producen paralizaciones por huelgas, tormentas, desastres naturales.
- Horas Operación (HO): Horas en los cuales el equipo está funcionando
- Horas Mantenimiento (HM): Horas en las cuales el equipo estuvo bajo mantenimiento correctivo o preventivo.
- Demoras Operacionales (DO): Aquellos denominados tiempos muertos en el cual el equipo estuvo disponible pero no realizó ningún trabajo.
- Horas efectivas (HE): Horas en las cuales el equipo trabajó, o cumple su objetivo de diseño.

3.2) IMPLEMENTACIÓN DE KPI EN EL CARGUÍO:

Se trabajara según el Cuadro N°04 para los equipos de Carguío y el Cuadro N°07 para los Equipos de Acarreo ya que son el rango de estudios.

Cuadro N°09: Equipos en Análisis

Equipos de Carguío	Equipos de Acarreo
336D2L	ACTROS 4144 8X4
PC350LC-8	P460 B6X4
PC450LC-8	ACTROS 3344K 6X8

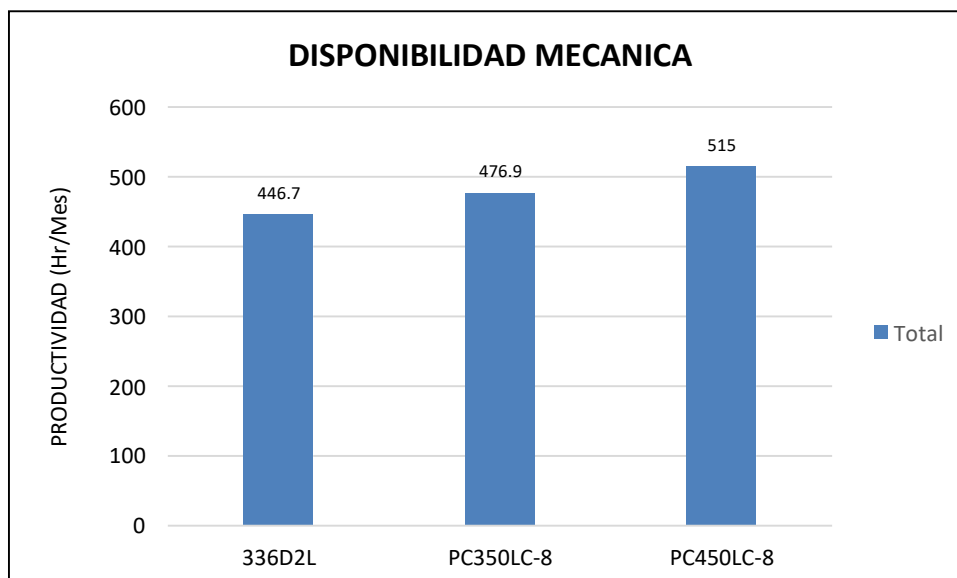
Elaboración Propia

3.2.1) Disponibilidad Mecánica:

Este indicador de Mantenimiento se basa en las Horas Trabajadas o Efectivas en función a las Horas Programadas o Planificadas durante el día, semana o mes según el análisis que se realice.

$$DM (\%) = \frac{\text{Horas Trabajadas o Efectivas}}{\text{Horas Programadas o Planificadas}}$$

Figura N°29: Disponibilidad Mecánica en Equipos de Carguío



Elaboración Propia

El dato por Mes de la Disponibilidad Mecánica es del 80.00% en Promedio de los equipos de Carguío tomando como Horas Programadas 10 horas por turno.

3.2.2) Utilización:

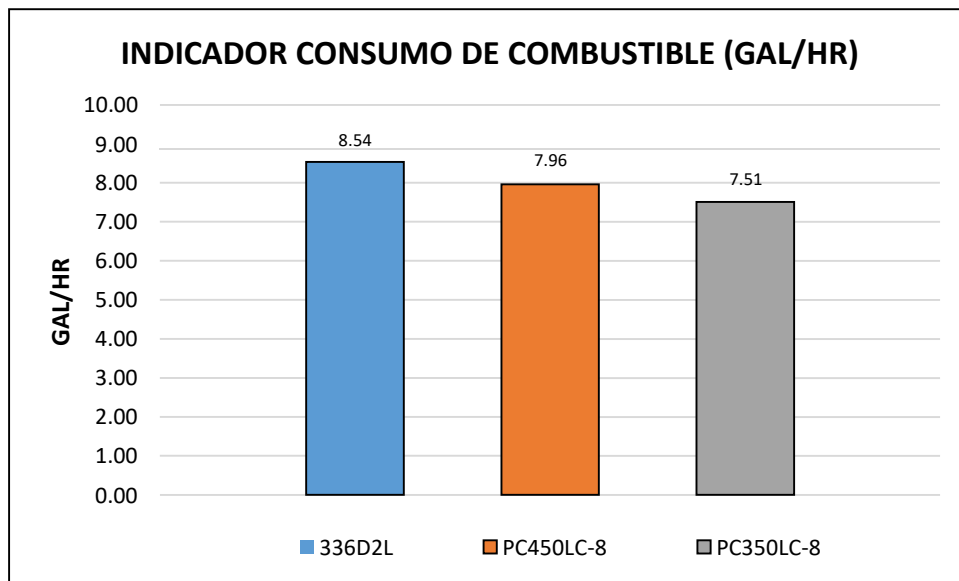
La utilización se define como el Tiempo en que el equipo realiza su trabajo para el cual fue diseñado, tomando en cuenta los retrasos operativos que pudiera haber.

En nuestro proyecto la Utilización de los Equipos de Carguío llega a un 84% en Promedio.

3.2.3) Indicador de Consumo de Combustible por Hora:

Este indicador nos permite ver el consumo de Combustible en los equipos de Carguío por Hora efectiva o Trabajada, sin embargo va a depender de la utilización que se le dé al equipo tratando de minimizar los tiempos muertos como el movimiento sin carga o también la falta de experiencia del operador el cual puede conllevar a un mayor consumo de combustible.

Figura N°30: Consumo de Combustible

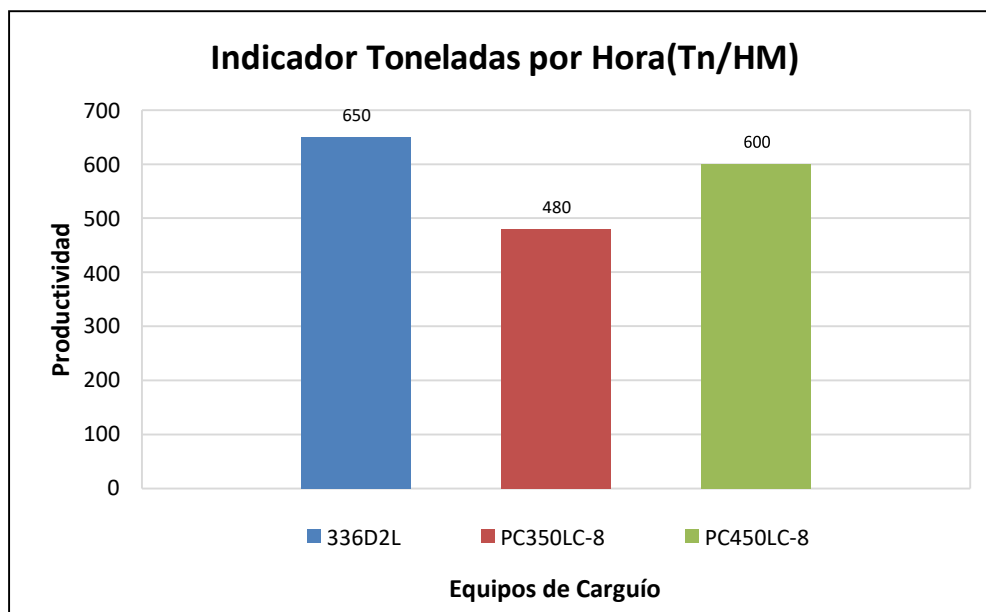


Elaboración Propia

3.2.4) Indicador de Toneladas por Hora:

Este es un Indicador muy importante en el Proceso de Carguío ya que nos permite determinar la cantidad de material que los equipos de Carguío cargan en un determinado periodo de tiempo, en este caso 01 hora máquina trabajada.

Figura N°31: Indicador Toneladas por Hora



Elaboración Propia

3.2.5) Indicador Dólares por Hora (US\$/HM):

Debido a que los equipos en mención son alquilados, en este proyecto se trabajara según la tarifa que imponga la empresa a la cual se le alquila los equipos de Carguío.

Cuadro N°10: Costo del Alquiler de los Equipos de Carguío

Equipos de Carguío	Costo en Dólares por Hora(US\$/HM)
336D2L	48.85
PC350LC-8	41.00
PC450LC-8	64.50

Elaboración Propia

3.2.6) Costo de Producción Unitario (USS/Tn):

El Costo de Producción Unitario nos permite determinar cuál es el Costo por cada Tonelada que se carga al volquete, es un buen indicador para manejar nuestros costos de Carguío.

Sale del resultado de dividir el Costo del equipo en Dólares por Hora; entre las Toneladas Cargadas por Hora.

$$\text{CPU (USS/HM)} = \frac{\text{Costo del Equipo por Hora} \left(\frac{\text{USS}}{\text{HM}} \right)}{\text{Toneladas por Hora} \left(\frac{\text{Tn}}{\text{HM}} \right)}$$

Cuadro N°11: Costo Unitario en Equipos de Carguío

Equipos de Carguío	Costo Unitario en Dólares por Tonelada(USS/Tn)
336D2L	0.088
PC350LC-8	0.095
PC450LC-8	0.110

Elaboración Propia

3.3) IMPLEMENTACIÓN DE KPI EN EL ACARREO:

En esta fase del proyecto de investigación implementaré los KPI’s del Proceso de Acarreo con los datos recogidos en campo por los Controladores, con el fin de analizar el proceso y optimizarlo en base a los indicadores obtenidos. Al igual que en los Equipos de Carguío, encontraremos similitud en algunos KPI’s del Proceso de Acarreo como son los indicadores de Mantenimiento, Producción, etc.

Cuadro N°12: Equipos de Acarreo en Estudio

Código del Equipo	Modelo
OH-VL01	VOLQUETE 8X4
OH-VL02	VOLQUETE 6X8
OH-VL05	VOLQUETE 6X8
OH-VL06	VOLQUETE 6X4
OH-VL07	VOLQUETE 8X4
OH-VL08	VOLQUETE 6X4
OH-VL41	VOLQUETE 6X4
OH-VL42	VOLQUETE 8X4
OH-VL69	VOLQUETE 6X4
OH-VL71	VOLQUETE 6X4

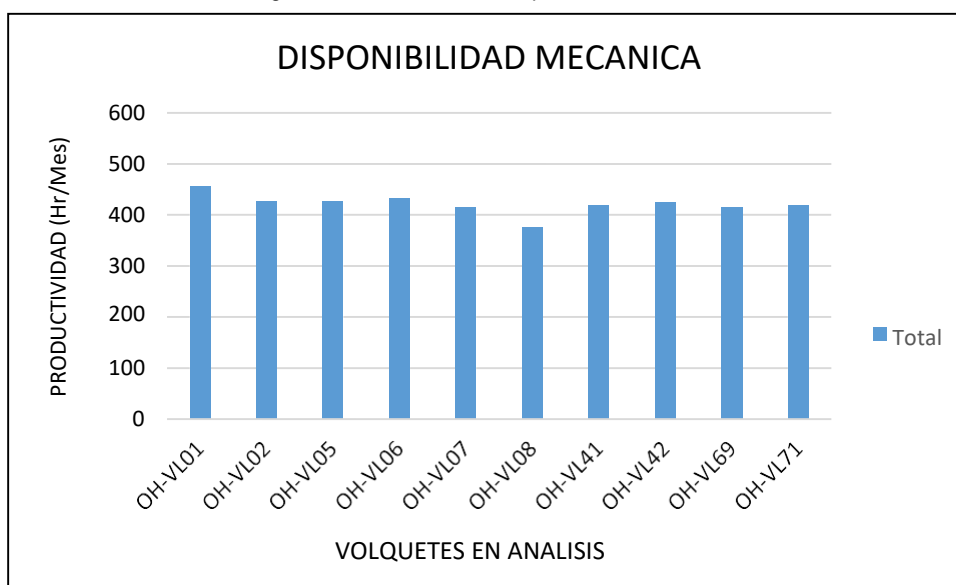
Elaboración Propia

3.3.1) Disponibilidad Mecánica:

Al igual que en los equipos de Carguío, la Disponibilidad Mecánica es un indicador de suma importancia tanto para el área de Mantenimiento como a la de Producción ya que nos indica que tiempo tenemos al volquete mecánicamente operativo dentro de la operación.

$$DM (\%) = \frac{\text{Horas Trabajadas o Efectivas}}{\text{Horas Programas o Planificadas}}$$

Figura N°32: Indicador de Disponibilidad Mecánica



Elaboración Propia

3.3.2) Utilización:

El Indicador de Utilización para los Equipos de Acarreo fue aproximadamente de un 85% dentro de la Operación teniendo en cuenta las fallas de los equipos y retrasos operativos que pudieran surgir.

La Utilización se basa en maximizar las horas trabajadas del equipo cumpliendo su función de diseño.

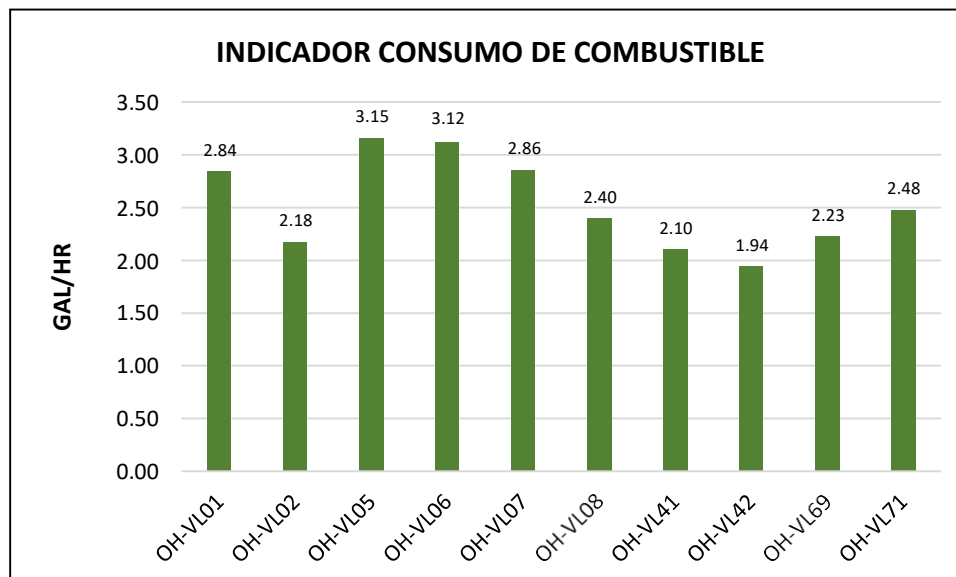
3.3.3) Indicador de Consumo de Combustible por Hora:

El Consumo de Combustible está en función a la cantidad de Galones suministrados al equipo de Acarreo durante el mes y la cantidad de Horas máquina trabaja en el mismo periodo.

Como podemos observar en el cuadro el consumo de combustible es variable debido a la Utilización que se le haya dado al equipo de Acarreo

durante el periodo de análisis, sin embargo se debe llevar un promedio de 2.5 Gal por hora Máquina Trabajada.

Figura N°33: Indicador de Consumo de Combustible (GAL/HR)



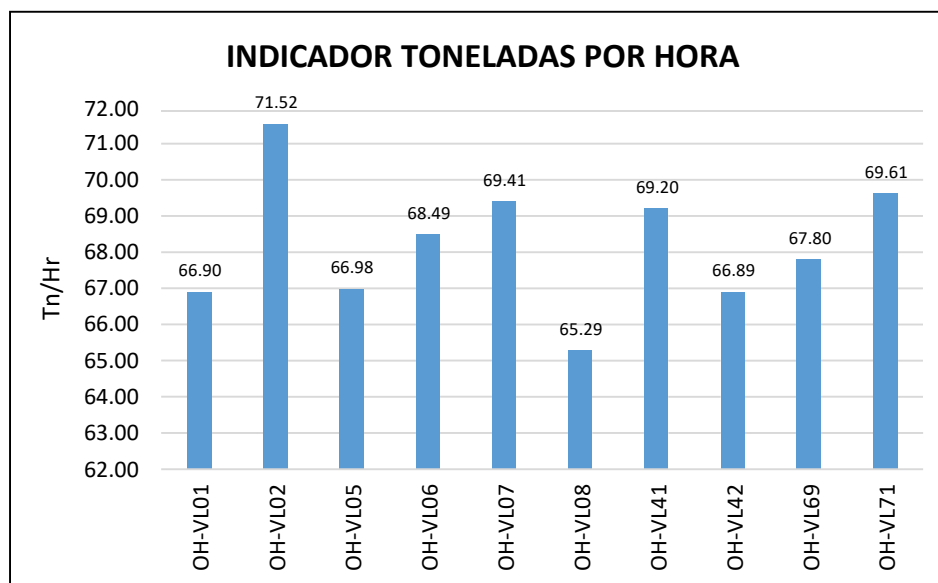
Elaboración Propia

3.3.4) Indicador de Toneladas por Hora:

Este indicador nos permite determinar la cantidad de Toneladas Acarreadas a los diferentes frentes de trabajo por Hora; está en función al Tiempo de Ciclo del equipo de acarreo, es decir mientras mayor sea su ciclo, menor será el tonelaje acarreado.

Otro factor clave a tomar en cuenta es la distancia del punto de Carguío hacia el punto de Descarga ya que está relacionada con el Tiempo de Ciclo del equipo de Acarreo.

Figura N°34: Indicador de Toneladas por Hora (Tn/Hr)



Elaboración Propia

3.3.5) Indicador Dólares por Hora (US\$/HM):

Al igual que en los equipos de Carguío, los Volquetes eran alquilados por empresas proveedoras, en este caso Komatsu puso a disposición una flota de equipos de Acarreo el cual las tarifas de los equipos se basaban según al contrato firmado.

Cuadro N°13: Costo de los Equipos de Acarreo

Código del Equipo	Modelo	Costo(US\$)
OH-VL01	VOLQUETE 8X4	31.05
OH-VL02	VOLQUETE 6X8	29.55
OH-VL05	VOLQUETE 6X8	29.55
OH-VL06	VOLQUETE 6X4	28.47
OH-VL07	VOLQUETE 8X4	31.05
OH-VL08	VOLQUETE 6X4	28.47
OH-VL41	VOLQUETE 6X4	28.47
OH-VL42	VOLQUETE 8X4	31.05
OH-VL69	VOLQUETE 6X4	28.47
OH-VL71	VOLQUETE 6X4	28.47

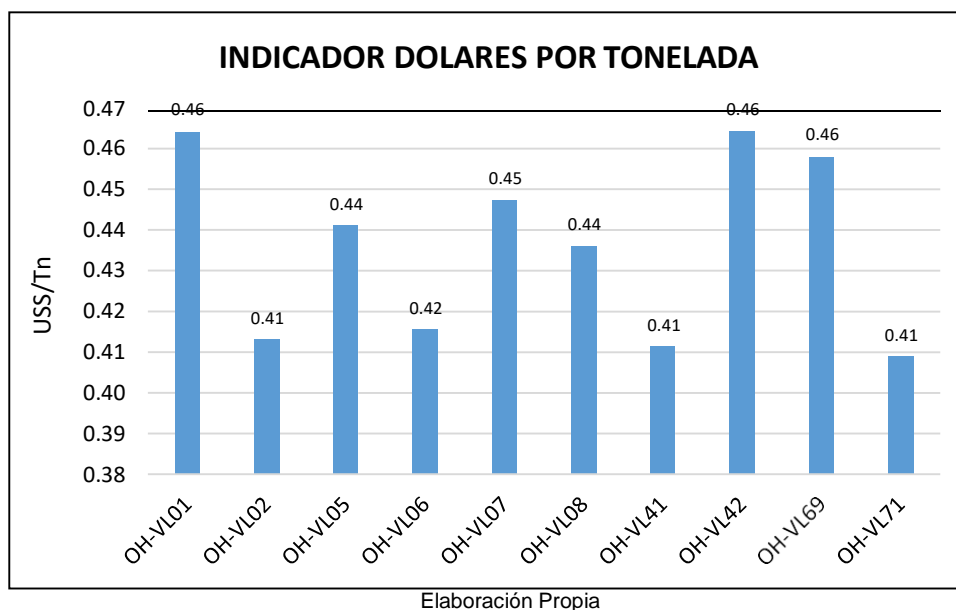
Elaboración Propia

3.3.6) Costo de Producción Unitario:

El Costo Unitario de los equipos de Acarreo es mucho mayor que al de los equipos de Carguío, esto debido a que su producción (Tn/Hr) es mucho menor en comparación que las excavadoras debido al tiempo de Ciclo que realizan dentro de la Operación.

El Costo Unitario en promedio en los Equipos de Acarreo en análisis fue de 0.43 US\$/Tn.

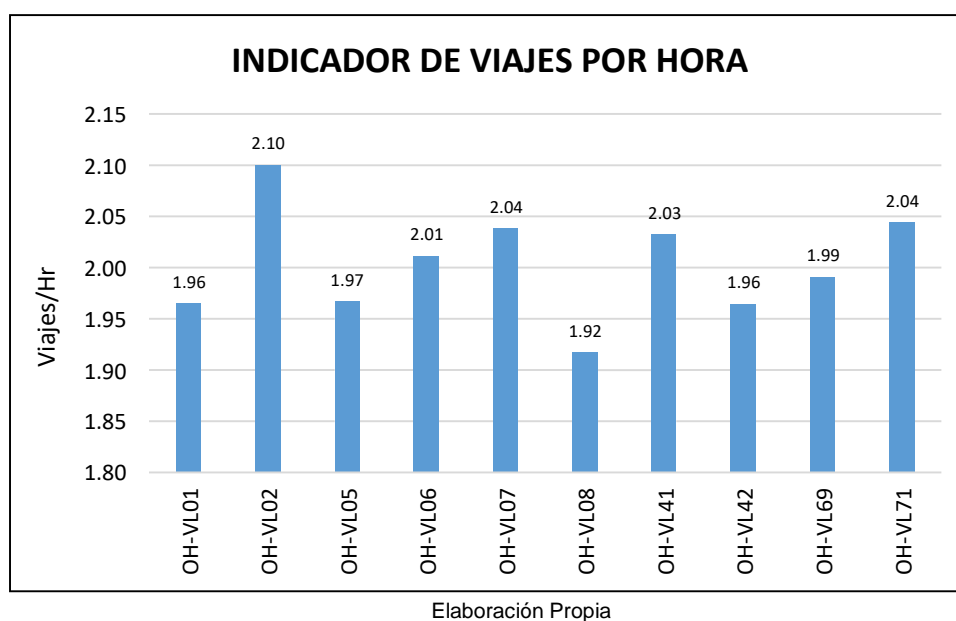
Figura N°35: Indicador de Dólares por Tonelada (US\$/Tn)



3.3.7) Indicador Viajes por Hora (Viajes/Hr):

Este indicador nos permite ver la Cantidad de viajes efectuados durante una Hora Máquina dentro de la operación; sin embargo al igual que el indicador Toneladas por Hora depende mucho del Ciclo de Acarreo y la distancia que se tenga hacia el punto de descarga.

Figura N°36: Indicador de Viajes por Hora (Viaje/Hr)



3.4) Análisis de los Costos del Carguío y Acarreo:

En esta fase de la Tesis analizare los Costos de los Procesos de Carguío y Acarreo tomando como base de estudio los APU (Análisis de Precios Unitarios) del Proyecto que consiste en disgregar las partidas de todos los trabajos a realizar en la obra, pero como menciono líneas arriba solamente nos centraremos en los APU del Carguío y Acarreo del 3B.

Aquí realizare un comparativo entre el APU contractual vs el APU real del Proyecto con el propósito de analizar los Costos y márgenes de Ganancia por el Carguío y el Acarreo.

En el Proyecto se tiene una partida por el Transporte del material 3B<1km y otra Partida por el Transporte de 3B>1km; sin embargo existen partidas las cuales constan de sub-partidas en la cual se disgrega la actividad. A continuación detallaré un poco más sobre las Partidas y sub-partidas del Proceso de Carguío y Acarreo.

3.4.1) Partida de Transporte de 3B<1km:

Esta partida consta de 02 sub-partidas las cuales consisten en el Carguío de material 3B y el Transporte de 3B pero menor a 1km de distancia desde la Cantera Tucush que viene hacer el punto de acopio hasta la zona de descarga o relleno, hasta una distancia de 1.00 Km. Esta actividad se cobra por m³-Km, es decir el producto del volumen

topográfico en banco o conformado por la distancia menor o igual a 1km.

3.4.1) Partida de Transporte de 3B>1km:

Comprende la actividad de transporte del material 3B, desde los puntos de acopio, a la zona de descarga o relleno, por kilómetro adicional al primer kilómetro. Esta actividad se cobra por m³- Km, es decir el producto del volumen topográfico en banco por la distancia en kilómetros hasta la zona de descarga, descontando el primer kilómetro, ya que éste se valoriza en la partida “Transporte de material 3B, distancia < 1 Km”.

A continuación realizaré el cálculo del Carguío y Acarreo con las partidas antes mencionadas con lo cual hare un comparativo que me permitirá analizar los Procesos de Carguío y Acarreo en temas económicos.

Figura N°37: COMPARATIVO DEL APU CONTRACTUAL VS EL APU REAL

APU TRANSPORTE DE MATERIAL 3B d<1km						
Partida	2.03	Transporte Material Enrocado d<1km				
Rendimiento	m3-Km/Día	MO.	EQ.	Costo unitario directo por : m3-Km	\$	1.12
H.H.	0.037	H.M.	0.024	Jornada	9.00	
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio U\$	Parcial U\$
	Subpartidas					
010303133713	Carguio de enrocado	m3		1.0000	0.50	\$ 0.50
010303133714	Transporte de enrocado d<1 km	m3		1.0000	0.62	\$ 0.62
					\$	1.12

APU TRANSPORTE DE MATERIAL 3B d<1km						
Partida	2.03	Transporte Material Enrocado d<1km				
Rendimiento	m3-Km/Día	MO.	EQ.	Costo unitario directo por : m3-Km	\$	0.81
H.H.	0.037	H.M.	0.024	Jornada	10.00	
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio U\$	Parcial U\$
	Subpartidas					
010303133713	Carguio de enrocado	m3		1.0000	0.25	\$ 0.25
010303133714	Transporte de enrocado d<1 km	m3		1.0000	0.57	\$ 0.57
					\$	0.81

APU DE SUBPARTIDAS DE TRANSPORTE DE MATERIAL 3B d<1km						
Partida	Carguio de enrocado					
Rendimiento	m3/DIA	MO. 1,000.0000	EQ. 1,000.0000	Costo unitario directo por : USS/m3		0.50
H.H.		H.M.		Jornada		9.00
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio U\$	Parcial U\$
	Mano de Obra					
0101010003	OPERARIO	hh	0.5000	0.0045	9.08	0.04
0101010005	PEON	hh	1.0000	0.0090	6.70	0.06
						0.10
	Equipos					
010335010205	EXCAVADORA CAT 336D	hm	1.0000	0.0090	44.45	0.40
						0.40

APU DE SUBPARTIDAS DE TRANSPORTE DE MATERIAL 3B d<1km						
Partida	Carguio de enrocado					
Rendimiento	m3/DIA	MO. 3,200.0000	EQ. 3,200.0000	Costo unitario directo por : m3		0.25
H.H.		H.M.		Jornada		10.00
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio U\$	Parcial U\$
	Mano de Obra					
0101010003	OPERARIO	hh	0.5000	0.0016	9.08	0.01
0101010005	PEON	hh	1.0000	0.0031	6.70	0.02
						0.04
	Equipos					
010335010205	EXCAVADORA CAT 336D	hm	1.0000	0.0031	48.85	0.15
						0.21

Partida Transporte de enrocado d<1 km						
Rendimiento	m3/DIA	MO. 450.0000	EQ. 450.0000	Costo unitario directo por : m3		0.62
H.H.		H.M.		Jornada		9.00
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio U\$	Parcial U\$
Equipos						
011101010109	CAMIÓN VOLQUETE 15M3	hm	1.0000	0.0200	31.05	0.62
						0.62

Partida Transporte de enrocado d<1 km						
Rendimiento	m3/DIA	MO. 500.0000	EQ. 500.0000	Costo unitario directo por : m3		0.57
H.H.	Horas/Día	1.25833		H.M.	Jornada	10.00
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio U\$	Parcial U\$
Equipos						
011101010109	CAMIÓN VOLQUETE 15M3	hm	1.0000	0.0200	28.47	0.57
						0.57

APU TRANSPORTE DE MATERIAL 3B d>1km						
Partida	2.04	Transporte Material Enrocado d>1km				
Rendimiento	m3-Km/Día	MO. 800.00	EQ. 800.00	Costo unitario directo por : m3-Km		\$ 0.35
H.H. 0.009		H.M. 0.009		Jornada		9.00
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio U\$	Parcial U\$
Equipos						
011101010109	CAMIÓN VOLQUETE 15M3	hm	1.0000	0.0113	31.05	\$ 0.35
						\$ 0.35

APU TRANSPORTE DE MATERIAL 3B d>1km						
Partida	2.04	Transporte Material Enrocado d>1km				
Rendimiento	m3-Km/Día	MO. 900.00	EQ. 900.00	Costo unitario directo por : m3-Km		\$ 0.32
H.H. 0.009		H.M. 0.009		Jornada		10.00
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio U\$	Parcial U\$
Equipos						
	CAMIÓN VOLQUETE 15M3	hm	1.0000	0.0111	28.47	\$ 0.32
						\$ 0.32

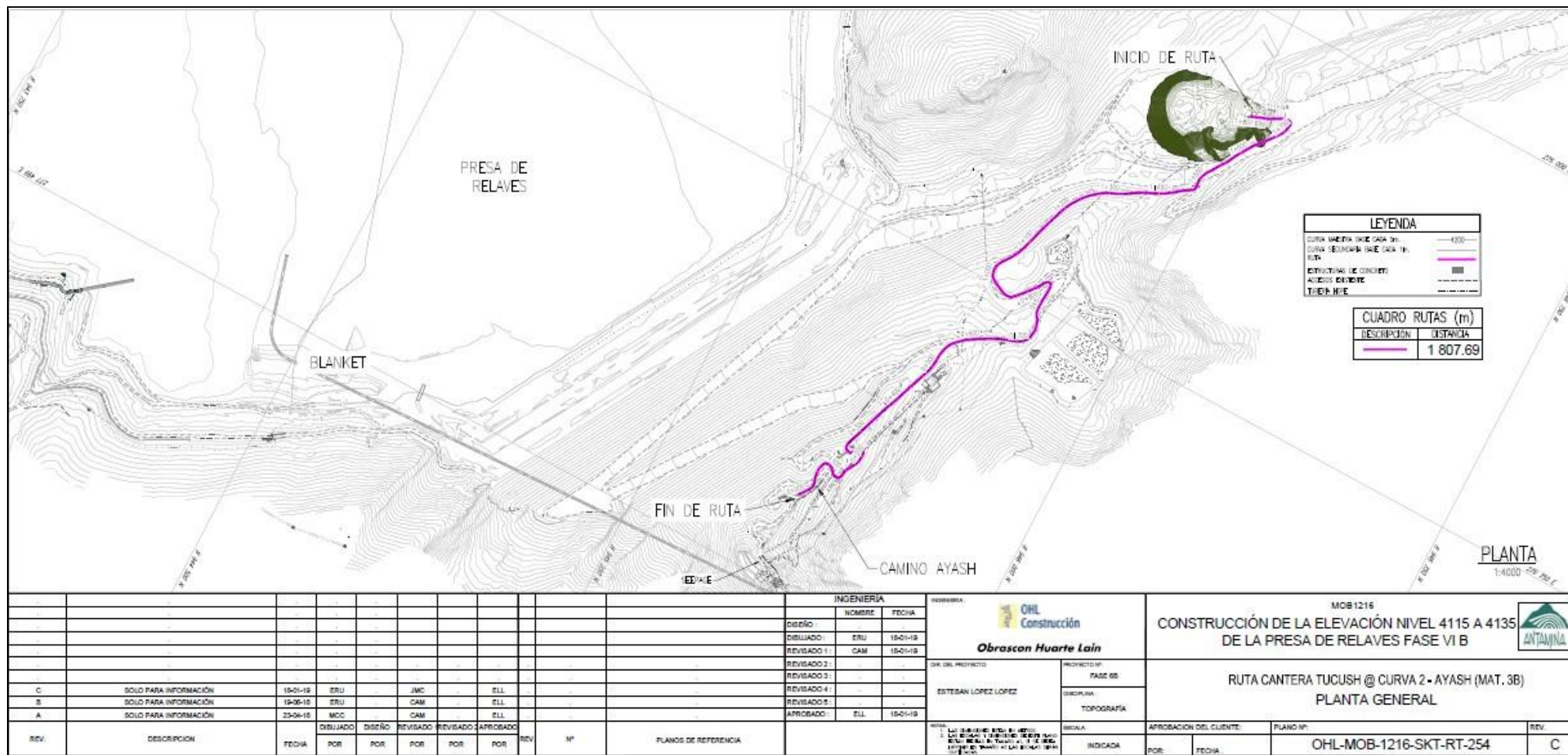
El ejemplo que se va a Analizar será el del Carguío y Transporte del 3B hacia la Curva 2 saliendo desde el Punto de Carguío, en este caso la Cantera Tucush. Según la información proporcionada por Topografía en el mes de análisis se colocaron 150000 m3 de material 3B (Conformados). El área de Topografía es la encargada de dar la distancia real desde la Cantera Tucush hasta la Curva 2; esta distancia es conciliada por TyS (empresa encarga de la Topografía por parte del Cliente) y la Supervisión SNC Lavalin. Según el contrato, por las partidas de menor a 1 Km y mayor a 1 Km a OHL se le pagara por el material en banco o conformado liberado topográficamente según el Apu del Contrato.

Cuadro N°14: Análisis del Proceso de Carguío y Acarreo

CARACTERISTICAS DEL FRENTE EN ANALISIS	
Ruta:	RT254
Distancia:	1.8076km
P. Carguío:	Cantera Tucush
P. de Descarga:	Curva 2
Levantamiento Topográfico	150000m3

Elaboración Propia

Plano N° 01: Ruta Cantera Tucush a Curva 2



Cuadro N° 15: Comparativo del Apu Contractual vs APU Real

CURVA 2										RESUMEN
APU CONTRACTUAL					APU REAL					
APU TRANSPORTE DE MATERIAL 3B d<1km	METRADO	DISTANCIA(Km)	PRECIO(US\$)	SUB TOTAL(US\$)	APU TRANSPORTE DE MATERIAL 3B d<1km	METRADO	DISTANCIA(Km)	PRECIO(US\$)	SUB TOTAL(US\$)	TOTAL
Carguío de enrocado	150,000.00	0.00	\$0.50	\$75,000.00	Carguío de enrocado	150,000.00	0.00	\$0.25	\$36,768.75	\$38,231.25
Transporte de enrocado d< 1 km	150,000.00	1.00	\$0.62	\$93,150.00	Transporte de enrocado d< 1 km	150,000.00	1.00	\$0.57	\$85,410.00	\$7,740.00
APU TRANSPORTE DE MATERIAL 3B d>1km					APU TRANSPORTE DE MATERIAL 3B d>1km					
Transporte de enrocado d> 1 km	150,000.00	0.8076	\$0.35	\$42,315.72	Transporte de enrocado d> 1 km	150,000.00	0.81	\$0.32	\$38,320.62	\$3,995.10
TOTAL				\$210,465.72	TOTAL				\$160,499.37	\$49,966.35

Elaboración Propia

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

4.1) Introducción

A continuación se desglosó los resultados obtenidos a través de las partidas y sub partidas que entraron en análisis en donde se pudo determinar que la Sub Partida del Carguío del Enrocado o 3B se obtuvieron resultados muy rentables sin embargo en las Sub Partida Transporte < 1km y la Partida de Transporte >1km los resultados no fueron tan beneficiosos. Sin embargo se tenía un margen de rentabilidad en los Procesos.

Cuadro N°16: Resumen de Análisis

CURVA 2			MARGEN (US\$)	MARGEN (%)
	APU CONTRACTAUL	APU REAL		
APU TRANSPORTE DE MATERIAL 3B d<1km	SUB TOTAL(US\$)	SUB TOTAL(US\$)	TOTAL	TOTAL (%)
Carguío de enrocado	\$75,000.00	\$36,768.75	\$38,231.25	50.98%
Transporte de enrocado d< 1 km	\$93,150.00	\$85,410.00	\$7,740.00	8.31%
APU TRANSPORTE DE MATERIAL 3B d>1km	APU CONTRACTAUL	APU REAL		
Transporte de enrocado d> 1 km	\$42,315.72	\$38,320.62	\$3,995.10	9.44%
TOTAL	\$210,465.72	\$160,499.37	\$49,966.35	23.74%

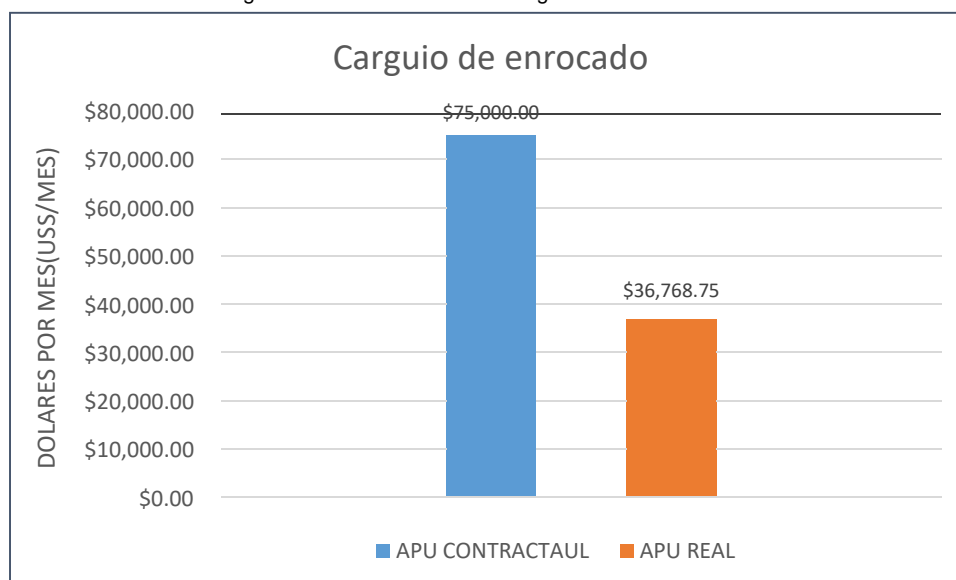
Elaboración Propia

4.2) Resultados del Carguío de enrocado o 3B:

Los resultados obtenidos en la Sub-partida del Carguío de Enrocado o 3B fueron muy beneficiosos debido al bajo Costo del Carguío y el buen Rendimiento del E lo que me implicaba a que tuviera un mayor Margen de Rentabilidad.

Como se observa en el Cuadro N° 15 la Rentabilidad estaba en un 50.98%.

Figura N°38: Sub Partida del Carguío de Enrocado o 3B

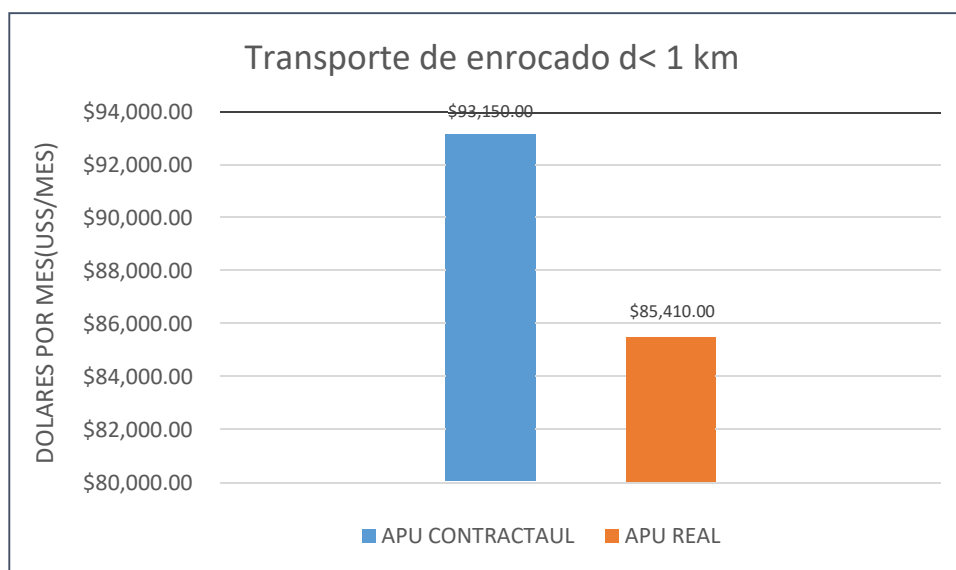


Elaboración Propia

4.3) Resultados del Transporte de enrocado $d < 1$ km:

En esta sub partida la rentabilidad fue del 8.31% siendo la más baja del Proceso esto debido a que mi rendimiento del Volquete fue bajo conllevando a que el margen de ganancia se vea mermado.

Figura N°39: Sub Partida del Transporte de Enrocado <1km

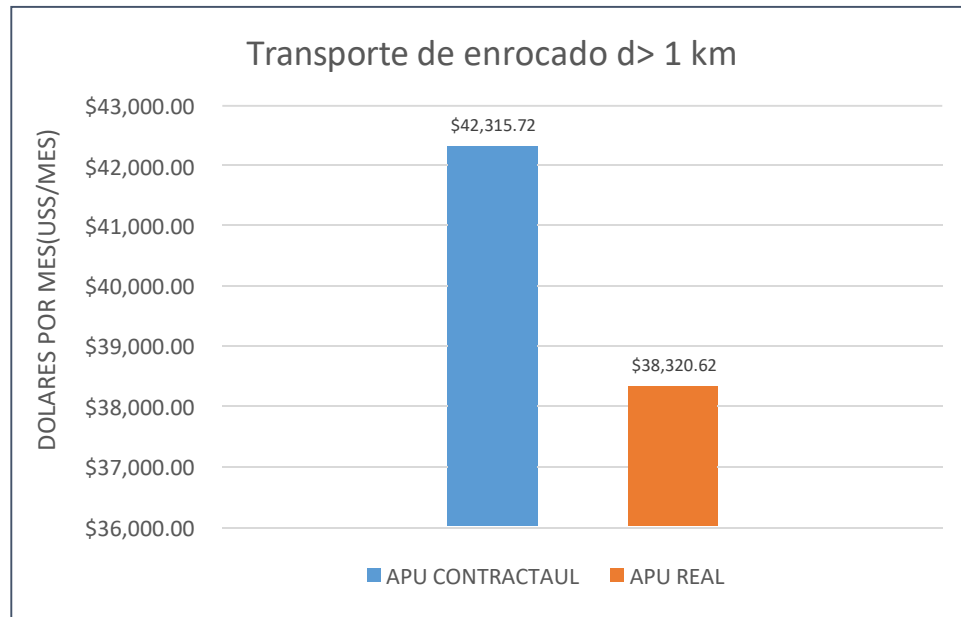


Elaboración Propia

4.4) Resultados del Transporte de enrocado $d > 1$ km:

En el Transporte >1 m se determinó una rentabilidad de 9.44% debido a que el rendimiento fue un poco mayor esto debido a que solo se analiza netamente el Acarreo de material 3B sin contar los tiempos efectuados en el Carguío como se considera en la Partida de Transporte <1 km.

Figura N°40: Partida del Transporte de Enrocado >1km



Elaboración Propia

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

- Se demostró que el uso de los KPI’s ayudan a controlar los Procesos de Carguío y Acarreo ya que estos cuantifican la actividad, pudiendo realizar un comparativo con nuestro Presupuesto Base y determinar mi grado de Rentabilidad del Proyecto.
- En la Sub Partida del Carguío de Enrocado se tuvo un mayor margen de Rentabilidad debido al buen Rendimiento de los Equipos de Carguío; llegando a tener una Rentabilidad del 50.98%.
- En el Análisis del Acarreo el margen de rentabilidad en comparación al del Carguío fue mucho menor, debido al rendimiento promedio del volquete.
- De manera global se tuvo que en los Procesos de Carguío y Acarreo se tuvo una Rentabilidad promedio de 23.74% siendo un resultado favorable no obstante no debemos caer en el conformismo, todo lo contrario se debe Optimizar mucho más los procesos ya que es posible.
- El uso de los KPI’s permiten llevar un mejor Control de los Costos de Carguío y Acarreo, esto a que tenemos un mayor conocimiento de las

operaciones lo que permitiría tomar decisiones asertivas y a tiempo para no generar un impacto negativo en los Procesos.

- Los Indicadores Clave de Rendimiento permiten optimizar los Procesos en mención debido a que mapeamos las desviaciones operativas y pudiendo tomando acciones correctivas.
- Debido a la criticidad del Carguío y Acarreo, los Indicadores Clave de Rendimiento son la mejor herramienta ya que permiten llevar un mejor Control Operativo minimizando el Costo Unitario y Maximizando la Producción.
- Es indispensable que los Kpi sean implementados no solo en el Carguío y el Acarreo sino también en la Conformación, compactación y regado de la plataformas del 3B en el Espaldón y poder maximizar el margen de rentabilidad en todo el Proyecto.

5.2. RECOMENDACIONES

- Para aumentar el rendimiento de los equipos de Acarreo se debe llevar un adecuado control sobre las vías de acarreo, debiendo darle un Mantenimiento continuo.
- Planificar de manera correcta el Mantenimiento de Preventivo de los Equipos con el fin de garantizar la confiabilidad de los mismos y así aprovecharlos al máximo durante la operación con la finalidad de obtener mejores Rendimientos.
- Se debe generar sinergias en todas las áreas involucradas dentro de la Operación con la finalidad de maximizar la Producción y llevar un mejor Control de nuestros Costos.

Referencias Bibliográficas

- Para graduarse de magister en gestión y dirección de empresas Rene Mauricio Gonzalez Rojas, en 2006 Sustento la tesis “Diseño estrategia Operación centrada en confiabilidad para minera Spence S.A”; Universidad De Chile Facultad De Ciencias Físicas y Matemáticas Departamento De Ingeniería Industrial.
- Diseño y Evaluación de Presas de Relaves “Protección Ambiental de EE. UU. Agencia (EPA)”
- Tecnología Mineralurgica - 'CAPÍTULO'13.' :Escombreras y Presas de Residuos - Emilio Andrea Blanco
- Localización de Planta
- Métodos de Disposición de Relaves
- Para graduarse de Ingeniero de Minas Pabel Marx Huarocc Ccanto (2014) con el sustento de la Tesis: “Optimización del Carguío y Acarreo de mineral mediante el uso de Indicadores claves de desempeño U.M. Chuco II de la E.M. Upkar Mining s.a.c.”
- Para graduarse de magister en Gerencia de Operaciones Ing. Requejo Mejia, Paúl Alexander en 2016 Sustento la tesis “Evaluación, Implementación de Sistema Dispatch: Control de Equipos en Minería a Cielo Abierto, en la Empresa Minera CORIPUNO S.A.C.”

- Para graduarse en Ingeniero de Minas Recavarren Valdivia, Juvenal Ernesto (2017) con el sustento de la Tesis denominada “Plan de Seguridad y Salud Ocupacional Proyecto: Ampliación del Taller de Mantenimiento e Infraestructura Logística, Fase a - Antamina”
- Para graduarse en Ingeniero de Minas Villanueva Porras Tito Drago(2015) con el Sustento de la Tesis denominada “Plan de Prevención de Riesgos Laborales para Reducir el Índice de Accidentes en las Actividades Desarrolladas por el Empresa Contratista Chacongesa, en la Fase 03 del Tajo de la Compañía Minera Antamina”
- Para graduarse en Ingenieros de Minas Christian Yvan Soto Vilca y Néstor Tarazona Yábar (2016) con el “Sustento de la Tesis denominada Diseño, Validación e Implementación de una Aplicación de Acarreo en Minería Superficial”

BIBLIOGRAFIA

- Rene Mauricio González Rojas, en 2006. Tesis “Diseño estrategia Operación centrada en confiabilidad para minera Spence S.A”; Universidad de Chile Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas Departamento de Ingeniería Industrial.
- Agencia EPA Agencia de Protección Ambiental de EE. UU. Diseño y Evaluación de Presas de Relaves. Tecnología Mineralurgica.
- ' Emilio Andrea Blanco. Escombreras y Presas de Residuos. Capítulo 13.
- Localización de Planta
- Métodos de Disposición de Relaves
- Pabel Marx Huarocc Ccanto (2014). Tesis “Optimización del Carguío y Acarreo de mineral mediante el uso de Indicadores claves de desempeño U.M. Chuco II de la E.M. Upkar Mining s.a.c.”
- Requejo Mejía, Paúl Alexander (2016). Tesis “Evaluación, Implementación de Sistema Dispatch: Control de Equipos en Minería a Cielo Abierto, en la Empresa Minera CORIPUNO S.A.C.”
- Recavarren Valdivia, Juvenal Ernesto (2017). Tesis denominada “Plan de Seguridad y Salud Ocupacional Proyecto: Ampliación del Taller de Mantenimiento e Infraestructura Logística, Fase A - Antamina”

- Villanueva Porras Tito Drago (2015). Tesis denominada “Plan de Prevención de Riesgos Laborales para Reducir el Índice de Accidentes en las Actividades Desarrolladas por el Empresa Contratista Chacongesa, en la Fase 03 del Tajo de la Compañía Minera Antamina”

PAGINAS WEB

- <https://www.heflo.com/es/blog/planificacion-estrategica/tipos-indicadores-rendimiento/>
- <https://robertoespinosa.es/2016/09/08/indicadores-de-gestion-que-es-kpi/>
- <http://studylib.es/doc/4949178/5---indicadores-tacticos---estrat%C3%A9gicos-y-operacionales>
- <https://www.maquinariaspesadas.org/blog/2147-metodos-disposicion-relaves-estructura-tipos-presas> [21 de Agosto del 2018]
- https://fs.ogm.utah.gov/pub/MINES/Minerals_Related/EPApublications/Tailings.PDF